

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Manipulátor tyčí mezi krokovacími dopravníky

Manipulator of rods between the stepper conveyors

Student:

Jakub Zabystřan

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student:

Jakub Zabystřan

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2301R013 Robotika

Téma:

Manipulátor tyčí mezi krokovacími dopravníky
Manipulator of rods between the stepper conveyors

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současného stavu řešené problematiky.
2. Navrhněte konstrukční řešení manipulátoru pro odebírání tyčí mezi dvěma dopravníky. Navrhněte vhodnou technologii výroby jednotlivých dílů navrhovaného mechanismu s ohledem na cenu, vyrobitelnost a složitost montáže.
3. Navrhněte varianty kinematické struktury ramene manipulátoru s ohledem na polohu daného pracoviště a jeho rozměry.
4. Vybranou variantu rozpracujte do úrovně detailního 3D modelu, včetně výrobních výkresů vybraných dílů a specifikace nakupovaných dílů.
5. Práci doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému SolidWorks.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Burkovíč, J. *Projektování a provoz RTP*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2004. 110 s. ISBN 80-248-0709-2.
2. Talácko, J.-Matička, R. *Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů*. ČVUT, Praha, 1995. 236 s. ISBN 80-01-01291-3.
3. Burkovíč, J. *Navrhování robotizovaných montážních linek*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008. 163 s. ISBN 978-80-24-1869-6.
4. ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
5. ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Mihola, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry

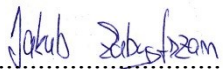


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a také pod vedením firmy WHS-Handling spol. s r.o. a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16. 5. 2016

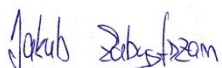
.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 16. 5. 2016


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jakub Zabysrzan

Adresa trvalého pobytu autora práce: Frýdecká 333, Český Těšín, 737 01

Poděkování

Děkuji Ing. Milanu Miholovi, Ph.D. z katedry Robotiky za odborné vedení, poskytování cenných rad a věnovanému času při konzultacích. Jeho zkušenosti a rady byly cenným podkladem pro vypracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě WHS-Handling spol s.r.o., která mi umožnila zapojit se do praktického projektu návrhu manipulátoru, poděkování patří především řediteli společnosti Ing. Jaromíru Schwarzovi a Adamu Zielonkovi. Mohl jsem být takto součástí realizace v rámci týmu konstruktérů, od kterých jsem dostal mnoho praktických rad. Také jsem mohl být u montáže manipulátoru a vidět tak výsledek našeho snažení. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu a možnost studia na vysoké škole.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ZABYSTRZAN, Jakub. *Manipulátor tyčí mezi krokovacími dopravníky*: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2016, 58 s. Vedoucí práce: Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá praktickým a konstrukčním návrhem manipulátoru pro odebrání tyčí mezi dvěma dopravníky. V teoretické části se nachází analýza současného stavu a její problematiky. V další části jsou vypracované 3 různé varianty, ze kterých byla vybrána finální varianta pomocí hodnotové analýzy. Finální varianta byla zpracována podrobněji do optimální podoby. Optimalizací se myslí výběr správné pohonné jednotky, která je podložena výpočtem a celková realizace jednotlivých kinematických struktur dle zadání zákazníka a zajištění funkčnosti manipulátoru. Pro optimální podobu manipulátoru je vytvořen 3D model, který je na konci práce porovnáván s výsledným vyrobeným a smontovaným manipulátorem k použití. Součástí práce je příloha s výkresovou dokumentací celkové sestavy, podsestavy a příloha výrobních výkresů.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ZABYSTRZAN, Jakub. *Manipulátor of rods between of stepper conveyors*: Bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2016, 58 p. Thesis head: Ing. Milan Mihola, Ph.D.

The bachelor thesis deals with a practical and structural design of a manipulator for removing rods between two conveyors. The theoretical part contains the analysis of the current state and issues connected to it. The next section includes three different elaborated variants from which a final variant has been selected using the value analysis. The final variant has been developed in detail to the optimal form. Optimization means selection of the proper power unit that is based upon a calculation, total realization of particular kinematic structures according to the customer's specifications and ensuring of the manipulator's functionality. The final version of the manipulator is made into a 3D model that is at the end of the thesis compared to the final manufactured manipulator assembled to be used. The appendix as the last part of the thesis comprises drawing documentation of the overall assembly, subassembly and an attachment of the production drawings.

OBSAH:

1. Úvod	11
2. Analýza existující rešerše možných řešení	12
2.1 Průmyslové roboty.....	12
2.1.1 Roboty k paletizaci	13
2.1.2 Víceúčelový robot.....	13
2.1.3 Robot k přemísťování vačkových hřídelí	14
2.2 Manipulátory	15
2.2.1 Manipulátor hřídelí	16
2.2.2 Manipulátor hliníkových katod	16
2.2.3 Vyvážovací manipulátor	17
2.3 Uchopovací členy	17
2.3.1 Aktivní chapadla	18
2.3.1.1 Magnety	19
2.3.1.2 Čelisti.....	20
2.3.1.3 Prstové chapadla	20
2.3.2 Pasivní chapadla	21
3. Zadání projektu	22
3.1 Pořadavkový list	23
3.2 Objekt manipulace	23
4. Řešené varianty	24
4.1 I. varianta	24
4.2 II. varianta.....	25
4.3 III. varianta	26
5. Hodnotová analýza	27
6. Návrh finálního řešení.....	33
6.1 Popis finální varianty.....	34
6.1.1 Pohon	34
6.1.2 Lineární vedení	35
6.1.3 Obecné výpočty	35
6.1.3.1 Analýza pohybu průmyslového robotu	36
6.1.3.2 Výpočet tíhové síly	36
6.2 Efektor	37
6.2.1 Pohon	39

6.2.1.1 Výpočet horizontálního ramene na kontrolu požadovaných časů, rychlostí a zrychlení	39
6.2.1.2 Výpočet síly potřebné k zvedání (4 bar).....	40
6.2.1.3 Výpočet síly potřebné k zvedání (4 bar).....	41
6.2.1.4 Výpočet lineárního vedení.....	41
6.3 Vertikální rameno	43
6.3.1 Pohon.....	43
6.3.1.1 Výpočet vertikálního ramene na kontrolu požadovaných časů, rychlostí a zrychlení	44
6.3.1.2 Výpočet síly potřebné k zvedání (4 bar).....	45
6.4 Horizontální rameno	45
6.4.1 Hliníkový profil... ..	46
6.4.2 Pohon.....	47
6.4.2.1 Výpočet horizontálního ramene na kontrolu požadovaných časů, rychlostí a zrychlení	48
6.4.2.2 Výpočet síly potřebné k zvedání (4 bar).....	49
6.5 Rám.....	50
6.5.1 Vedení kabeláže.....	51
7. Vyrobený manipulátor a 3D model.....	52
8. Závěr	55
9. Seznam použité literatury	56
10. Seznam příloh	58
10.1 Příloha na DVD.....	58

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

F	Pohybová síla	[N]
F_G	Tíhová síla	[N]
M	Momentová síla	[N]
M_x	Statický moment	[N · m]
S	Plocha	[mm ²]
d	Průměr pístu	[mm]
d_{OM}	Průměr OM tyče	[mm]
g	Tíhové zrychlení	[m · s ⁻²]
m	Hmotnost	[kg]
m_{OM}	Hmotnost OM jedné tyče	[kg]
p	Tlak	[Pa]
r	Vzdálenost těžiště od osy rotace	[mm]
s_c	Celková dráha	[m]
s_z	Dráha pro zrychlený pohyb	[m]
t_b	Čas pro brždění	[s]
t_c	Celkový čas	[s]
t_r	Čas pro nahrazený rovnoměrný pohyb	[s]
t_z	Čas pro zrychlení	[s]
v	Rychlost	[m · s ⁻¹]
ω	Úhlová rychlost	[rad · s ⁻¹]
ε	Úhlové zrychlení	[rad · s ⁻²]

OM – objekt manipulace

1. ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí manipulátoru pro odebrání tyčí mezi dvěma krokovacími dopravníky. Z hlediska zefektivňování a zautomatizování výrobních procesů je nutné tento pracovní postup maximálně zjednodušit. Zjednoduší se tím celý proces výroby a ušetří čas a peníze. A nahradí tak dosavadní způsob manuálního provedení.

Tato práce se zabývá zařízením pro přesun tyčí z jednoho pracovního prostoru na druhý. Respektive odebrání z jedné technologické operace na další. Objektem manipulace jsou dvě tyče, které se nachází na krokovacím dopravníku. Manipulátor bude odebírat obě tyče najednou po určité trajektorii až do místa určení.

Úroveň automatizované linky neboli manipulátoru pro odběr a následný posun tyčí má za následek několik problémů:

- odlišná rozteč prizmatu mezi prvním a druhým dopravníkem
- odlišné rozměry dopravníku
- poměrně velká vzdálenost mezi dopravníky
- špatný přístup k danému pracovišti, malý prostor

Při navrhování vhodných automatizačních členů je zapotřebí vyhodnotit danou situaci. Důležitou úlohou jsou zde pořizovací náklady a náklady spojené s oživením. Další je prostředí daného úkonu. V tom jsou zahrnuty všechny důležité podmínky, zda se jedná o čistý provoz, zda se v okolí nevyskytuje nějaké výbušné prostředí nebo zda se ve výrobní hale vyskytuje obvod s připojením pneumaticky stlačeného vzduchu.

V úvodu je provedena rešerše současných manipulátorů a jejich výskyt v různém provedení včetně uchopovacích prvků.

Hlavní část se zabývá návrhem variant. Každá varianta je podrobněji rozepsána a poté je vyhodnocena pomocí hodnotové analýzy. U nejlepší varianty je následně provedena optimalizace.

2. ANALÝZA EXISTUJÍCÍ REŠERŠE MOŽNÝCH ŘEŠENÍ

2.1 Průmyslové roboty

„Průmyslový robot je automaticky řízený, programovatelný a víceúčelový manipulátor o třech a více osách“. [1]

Uplatnění průmyslových robotů dnes stojí za velkou zmínku. Používají se v různých průmyslových odvětvích a provozech s velkou sériovostí výroby, nebo také v provozech, kde jsou špatné a nebezpečné podmínky pohybu člověka. Využití průmyslového robotu je skoro ve všech strojních i nestrojních odvětvích. Mezi nejčastější využití patří:

- lakování
- svařování
- lisování a kování
- obrábění
- paletizace výrobků
- montáž

Je to celkem logické, proč průmyslový robot nahrazuje lidský faktor. Člověk má omezené možnosti. Nedokáže pracovat 100% správně bez chyby a navíc je důležité pracovat s požadovanou přesností, kterou má robot zaručeně lepší než člověk.

V současné době není použití robotů pro zpracování kovů výsadou pouze u velkých výrobních závodů, ale jsou již standardně používány v malých firmách a u živnostníků.

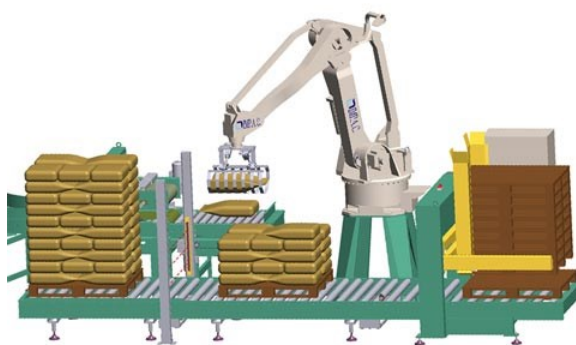
2.1.1 Roboty k paletizaci

Poslední dobou se pravidelně objevují roboty v průmyslu potravin a nápojů. Ač se to na první pohled nezdá, tak se jedná o odvětví, kde je dodržována přesnost, rychlost, vysoká efektivita a zachování všech hygienických limitů. Jedná se například o odebrání obalů například se zeleninou nebo různých drobných potravin z jedoucí pásového dopravníku. V tomto procesu jsou výkony až 500 ks za minutu. K tomuto pohybu již není vyhovující klasický robot, díky malé rychlosti, velikosti a hmotnosti. Proto se používají roboty s paralelní kinematikou.

Dalším cílem paletizace je dokončovací proces operace každé výroby. Jedná se o přemístění, balení a vykládání zboží na paletu případně z palety. [2]



Obrázek 1: Paralelní robot Fanuc M-2 [3]



Obrázek 2: Paletizační robot pytlů [4]

2.1.2 Víceúčelový robot

Tento robot pracuje v sestavě, ve které umožňuje pracovat s více operací najednou. Jedná se o montážní robot, který montuje převodovku. Jednotlivé části jsou postupně podle dané operace přesunuty na místo montáže. Robot pracuje s chapadlem, který je v tomto případě čelist. Tato čelist, dokáže uchopit postupně všechny díly z celé sestavy a dále s nimi manipulovat. Všechny součásti převodovky jsou rotační, neboli kruhového průřezu. [5]



Obrázek 3: Fanuc M-10iA Robot[5]

2.1.3 Robot k přemísťování vačkových hřídelí

Funkčnost robotu je na principu zadání bakalářské práce. Robot odebere vačkovou hřídel ze zásobníku a přemístí ji do místa k dalšímu zpracování. Poté ze stejné operace odebere jinou hřídel a přemístí ji opět do další sekce k dalšímu obráběcímu procesu. Efektor, který se nachází na koncové části ramene robotu je konstruován tak, aby mohl odebrat dvě vačkové hřídele najednou. A umožní tak rychlejší proces celé výroby. Jedná se o automatizaci v sérii obrábění vačkové hřídele, která používá samostatný lineární pohyb na portálu. O celé automatizované prostředí se stará robot firmy FANUC R-2000iB. Robot umožňuje pohyb po horizontální ose v nadzemní dráze. Díky portálu dochází ke snížení nákladů, ale také k většímu pracovnímu prostoru. [6]



Obrázek 4: Robotizované pracoviště – obrábění hřídelí [6]

Obrábění vačkové hřídele se provádí v několika operacích. Robot sloužící k přemísťování hřídele na všechny výrobní procesy pracuje v rychlém časovém cyklu a v předstihu.



Obrázek 5: FANUC R-2000iB [7]

2.2 Manipulátory

„Manipulátor je stroj s motorickým pohonem, určený pro přemístění břemene v prostoru, kde je obsluha v kontaktu s břemenem nebo uchopovací prostředkem břemene“ [8].

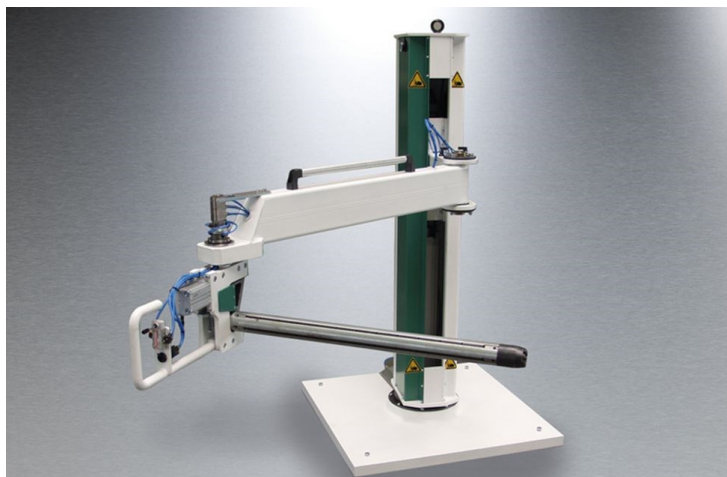
Manipulátor neboli průmyslový manipulátor je manipulační zařízení vybavené chapadly nebo jinými nástroji, určený k pohybu po více osách ve stanoveném programu. Průmyslový manipulátor je sice podobný průmyslovému robotu, ale manipulátor oproti robotu má nevýhodu v programovatelnosti. Robot je mnohem jednodušší na naprogramování než manipulátor a také se častěji uvádí do provozu. [9]

Manipulátory mají tři základní funkční části:

- 1) Uchopování břemene
- 2) Zařízení pro přemístění a umístění břemene v prostoru
- 3) Nosnou konstrukci

2.2.1 Manipulátor hřidelí

Manipulátor hřidelí slouží k vyjmutí či vložení hřidelí do dutinek rolí. Stejný princip je vložení do navíječe, či odvíječe. Zdvihání se provádí pomocí stlačeného vzduchu – pneumatickým válcem a řetězem s převody. Maximální délka hřídele je 2500 mm a hmotnost 150 kg.



Obrázek 6: Manipulátor hřidelí [10]

2.2.2 Manipulátor hliníkových katod

Jedná se o pneumaticky řízený manipulátor, který je určen především pro přenos hliníkových katod. Rám manipulátoru je vyroben z tuhých ocelových profilů se zvedajícím mechanismem. Úchopným prvkem je čtveřice pneumatických čelistí, které jsou rozděleny na dvě vpředu a dvě na zadní straně koncového ramene manipulátoru.



Obrázek 7: Manipulátor hliníkových katod [11]

2.2.3 Vyvažovací manipulátor

Jedná se o technologické strojní zařízení umožňující manipulaci s břemeny až do hmotnosti 50 kg. Ve výrobním procesu výrazně šetří pracovní sílu a snižuje tělesnou námahu. Manipulátor není náročný na údržbu a opravy. Může být použit ve vnitřním i ve venkovním prostředí. Konstrukce manipulátoru se skládá ze sloupu, který tvoří ocelová trubka s přírubami ukotvena v podlaze. Na sloupu je otočný čep pro rameno s pneumatikou. První a druhé rameno jsou ocelové svařence. Třetím ramenem je ocelová tyč, která spojuje první a druhé rameno s efektozem. Chapadlo slouží k vlastní manipulaci daného břemenu. [12]



Obrázek 8: Vyvažovací manipulátor [12]

2.3 Uchopovací členy

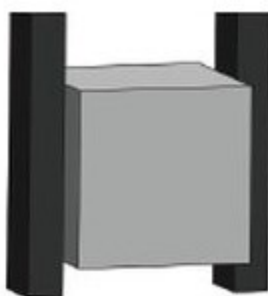
Uchopovací prostředek břemene slouží ke sloučení se zbývajících částí manipulátoru a dále pak k uchopení břemene a jeho držení. Spojení musí být tak pevné, aby nedošlo k nežádoucímu uvolnění. Uchopení břemene lze uskutečnit adhezí, sevřením či mechanickým spojením. Uchopovací prostředky se dají dále rozdělit na: podtlakové, magnety, kleště, drapáky, svěrky a rozpínací trny. Tyto se pak dále rozlišují na hydraulické či pneumatické. [1]

Efektory pro manipulaci se nazývají uchopovací hlavice nebo lépe chapadla. Jsou definovány jako podsystém průmyslového robota a zajišťují polohu a orientaci výrobku k nástrojům a dalším uchopovacím systémům. V praxi se používají akční členy. Ty jsou například čelisti nebo magnety. Tvary a typy akčních členů se liší podle daného charakteru operace. Dnes jsou moderní tzv. kontaktní chapadla. Do této skupiny nejčastěji patří prstové chapadla. [13]

2.3.1 Aktivní chapadla

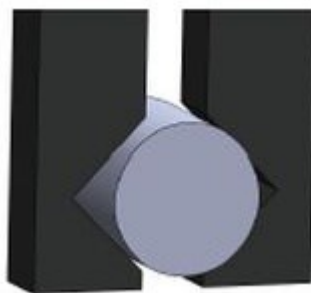
Aktivní chapadla závisí na zvoleném druhu motoru, především podle charakteru pohybu, zda se jedná o rotační či translační. Pohon může být pneumatický, elektrický nebo hydraulický. A také podle druhu úchopných prvků. Mohou nastat 3 způsoby styku mezi objektem manipulace a čelisti:

- Styk silový – o toto bezpečné uchopení se starají pouze třecí síly. Tyto síly vznikají díky přítlakovým silám vyvolaným řídicím systémem.



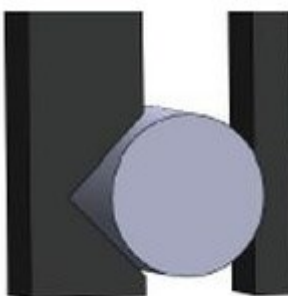
Obrázek 9: Styk silový [14]

- Styk tvarový – tvar čelisti včetně vybrání je uzpůsoben pro uchopení součástky.



Obrázek 10: Styk tvarový [14]

- Kombinace tvarového a silového styku



Obrázek 11: kombinace tvarového a silového styku [14]

2.3.1.1 Magnety

Magnety patří mezi aktivní prvky chapadel. Hlavičky s magnetickými prvky uchopují součásti prostřednictvím magnetu. Tedy jsou uchopené magnetickou silou. V tomto případě je možné uchopit předměty pouze magneticky vodivé. Výhodu magnetických chapadel je, že mají vysoké upínací síly i v malém prostoru, jsou spolehlivé na údržbu a bezpečnost. Dokáží uchopit různé tvary součástí. [15]



Obrázek 12: Magnet SCHUNK EGM [16]

2.3.1.2 Čelisti

Uchopení součástí pomocí čelisti patří mezi nejpoužívanější. Čelist může mít několik podob, liší se podle druhu úchopného objektu manipulace a podle mechanismu. Nejčastěji se používají pneumatická chapadla. Výhodou je jednoduchost, rychlost úchopu, jednoduchá údržba a malá hlučnost.



Obrázek 13: Čelist SCHUNK PGN [17]

2.3.1.3 Prstové chapadlo

Antropomorfní neboli víceprstá chapadla jsou určena pro uchopování předmětů obecného tvaru. Svým vzhledem připomínají lidskou ruku. Podobně jako lidská ruka, tak i chapadlo dokáže manipulovat s objektem několika prsty a dokáže tak přemísťovat různé druhy objektu manipulace. Články „prstů“ jsou opatřeny dotykovými senzory, s jejichž pomocí se reguluje tlak prstů na předmět. Ruka je velmi flexibilní a univerzální. [18]



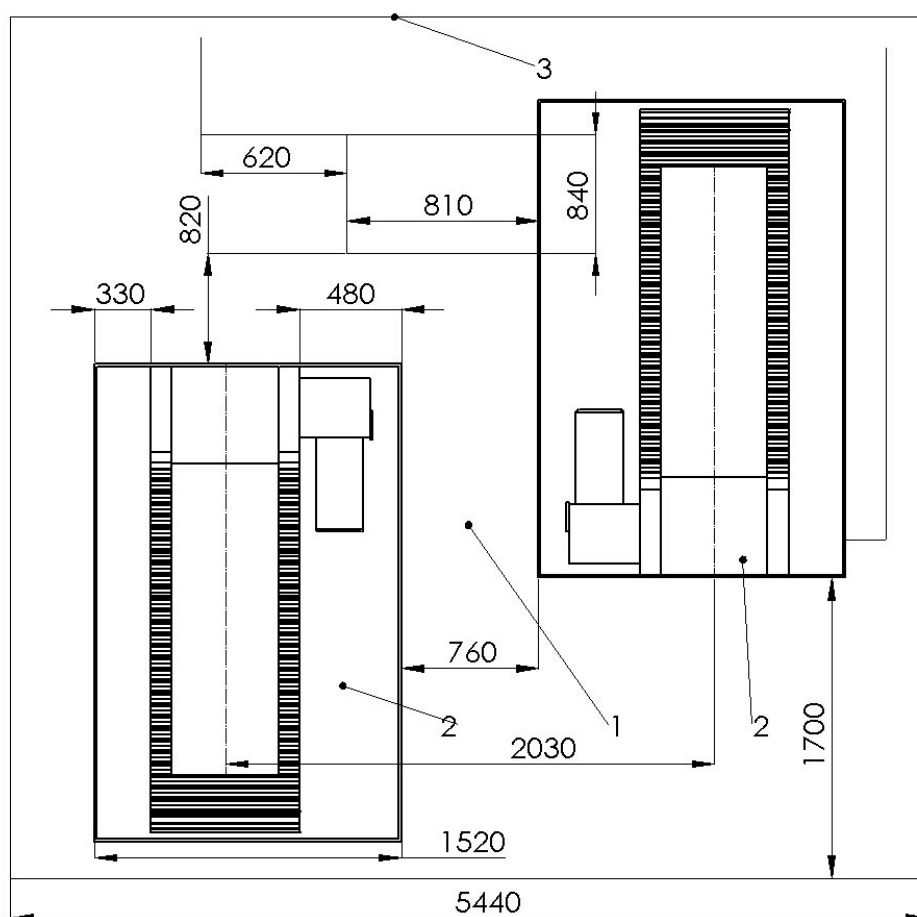
Obrázek 14: Prstové chapadlo SCHUNK [19]

2.3.2 Pasivní chapadla

Jedná se o mechanismy chapadel, které nejsou vybaveny programově řízenými akčními členy. Pasivní chapadla používají jako akční člen různé háky, lopatky, jednoduché čelisti a další. Tato skupina chapadel patří mezi nejjednodušší využití, ale pro některé lehké manipulační úlohy zcela postačí. Pasivní chapadla jsou v praxi méně využívána. [14]

3. ZADÁNÍ PROJEKTU

Je to zásadní a nejdůležitější fáze celého projektu. V této fázi je specifikovaný cíl projektu. Jaká je úloha daného projektu, v jakém čase musí manipulátor vykonávat danou úlohu, ale také i rozměry pracoviště a celková orientace v prostoru. Na obrázku 15 je znázorněno umístění manipulátoru mezi dopravníky a její nejdůležitější rozměry. Díky těmto údajům je samotný návrh konstrukce mnohem jednodušší, ale je třeba brát v potaz všechny rozměry. Každý rozměr plní důležitou podstatu funkce technologického postupu. A sebemenší chyba může způsobit problém s manipulací, případně může dojít ke kolizi manipulátoru s jiným zařízením či materiálem. Součástí zadání se nachází požadavkový list s uvedenými požadavky na pracoviště.



Obrázek 15: Rozměry pracoviště

Tab. 3.1 Popis obrázku 15

Manipulátor	1
Krokovací dopravníky	2
Oplocení	3

Tab. 3.2 Dodatečné údaje od zákazníka

Čas operace	30 s
Rozteč prizmatu jednoho dopravníku	65 mm
Rozteč prizmatu druhého dopravníku	50 mm
Podlaha -> střed tyče	1025 mm
Výška odběru tyče	1020 mm

3.1 Požadavkový list

- objekt manipulace – tyč
- povrch objektu manipulace – nesmí se poškodit
- nízké pořizovací náklady
- odolnost vůči pracovnímu prostředí
- nízká spotřeba energie
- dostupnost energie (el. energie, pneumatická energie)
- snadný přístup pro servis
- jednoduché řízení
- použití – výrobní hala, čisté prostředí
- barevné provedení – žlutá
- bezpečnost

3.2 Objekt manipulace

Objektem manipulace je tyč kruhového průřezu. Tato tyč neboli hřídel je součástí automobilové nápravy a je spojujícím členem mezi nápravou automobilu a volantem. Materiálem této tyče je ocel (1.0037/S235JR).

Rozměry objektu manipulace:

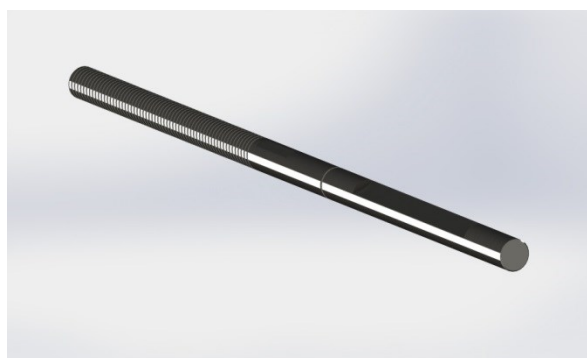


Obrázek 16: Přodný pohled tyče

$d_{OM} = 28 \text{ mm}$

$l_{OM} = 728 \text{ mm}$

$m_{OM} = 3,5 \text{ kg}$

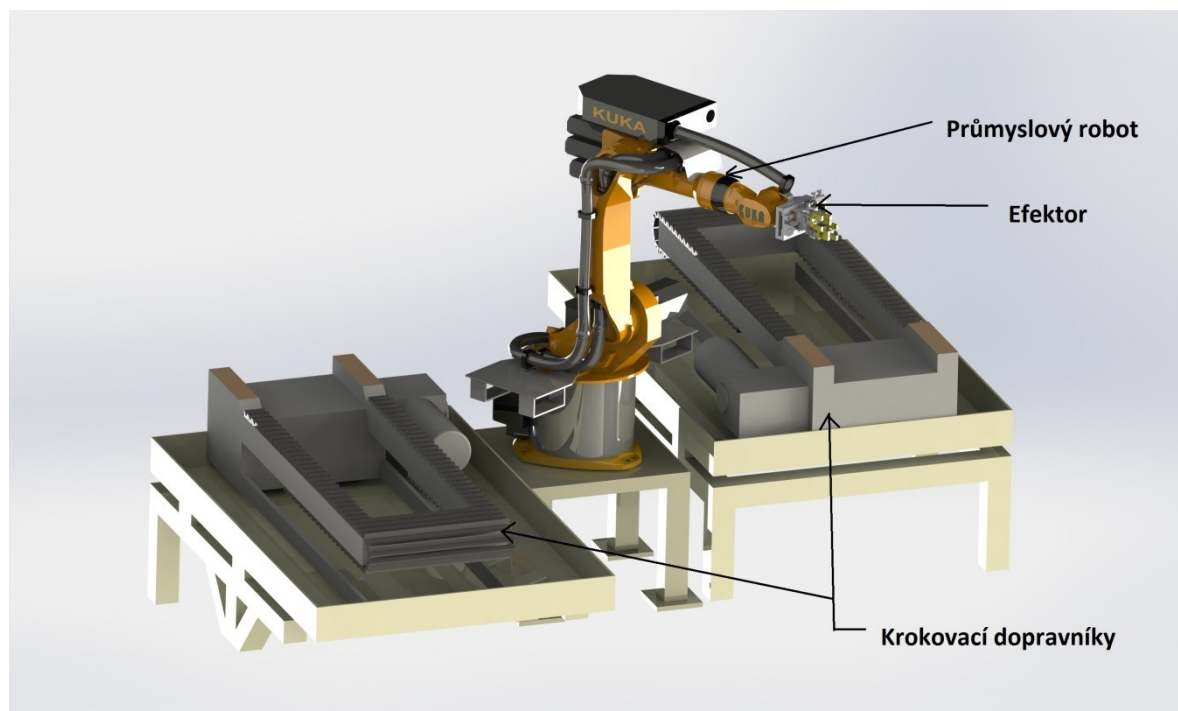


Obrázek 17: Rendrovaný OM

4. ŘEŠENÉ VARIANTY

4.1 I. VARIANTA

V první variantě je zaměřena pozornost na využití průmyslového robotu od firmy KUKA. Jedná se o středně velký robot s označením KR 16-2 (Obr. 18). Tento robot je vhodný na tento typ manipulace, z důvodu velké všestrannosti a flexibility pohybu ramene. O pohyb se stará 6 os. Průmyslový robot je nejjednodušší variantou jak pro samotný pohyb mezi dopravníky, tak ulehčí celý proces naprogramování robotu. O řízení robotu se stará výkonný řídicí systém od firmy KUKA. Tato technologie je zpracovaná tak, aby byl každý zákazník spokojený, neboli řídicí technologie se dá řídit přesně na míru. Napomáhá k tomu také dotykový display, který je jednoduchý a intuitivní na ovládání. [20] První varianta je kombinací elektrické a pneumatické energie. Výhodou je jednoduchá konstrukce. Kromě efektoru a podstavce robotu jsou ostatní komponenty kupované. Nevýhodou je cena robotu.



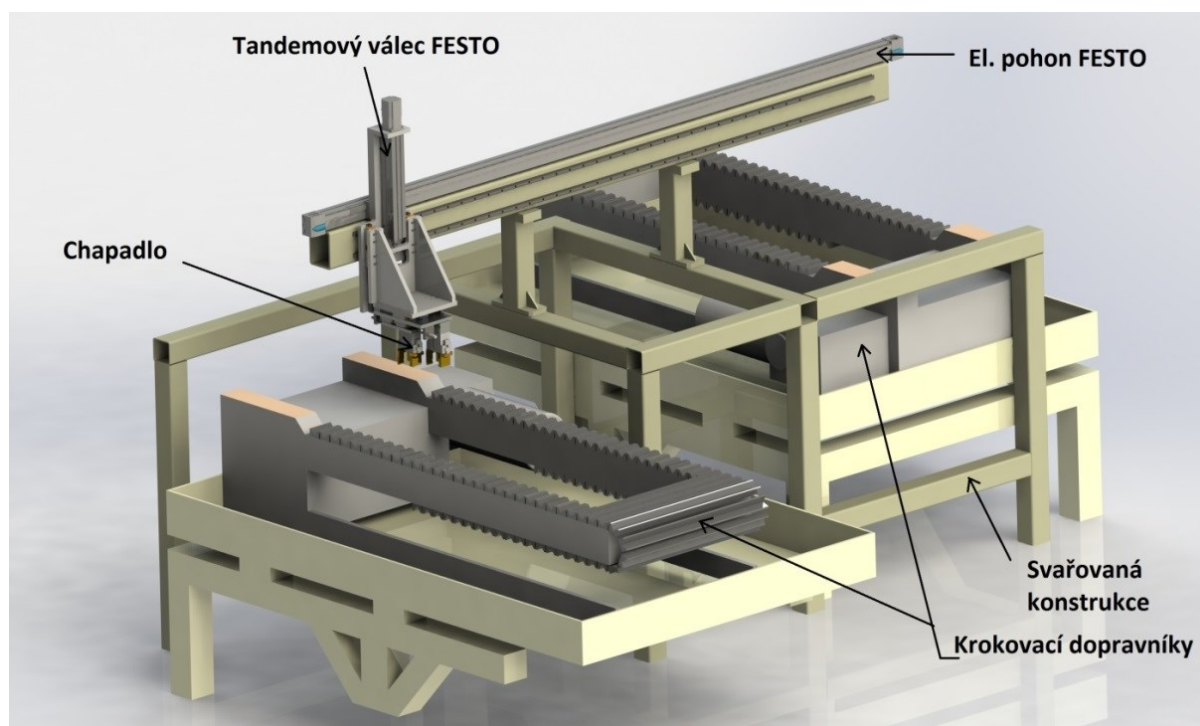
Obrázek 18: I. varianta

Efektor:

Efektor je k průmyslovému robotu propojený přes interface, který je na koncové části robotu, která je realizována na posledním stupni orientačního ústrojí. [21]

4.2 II. VARIANTA

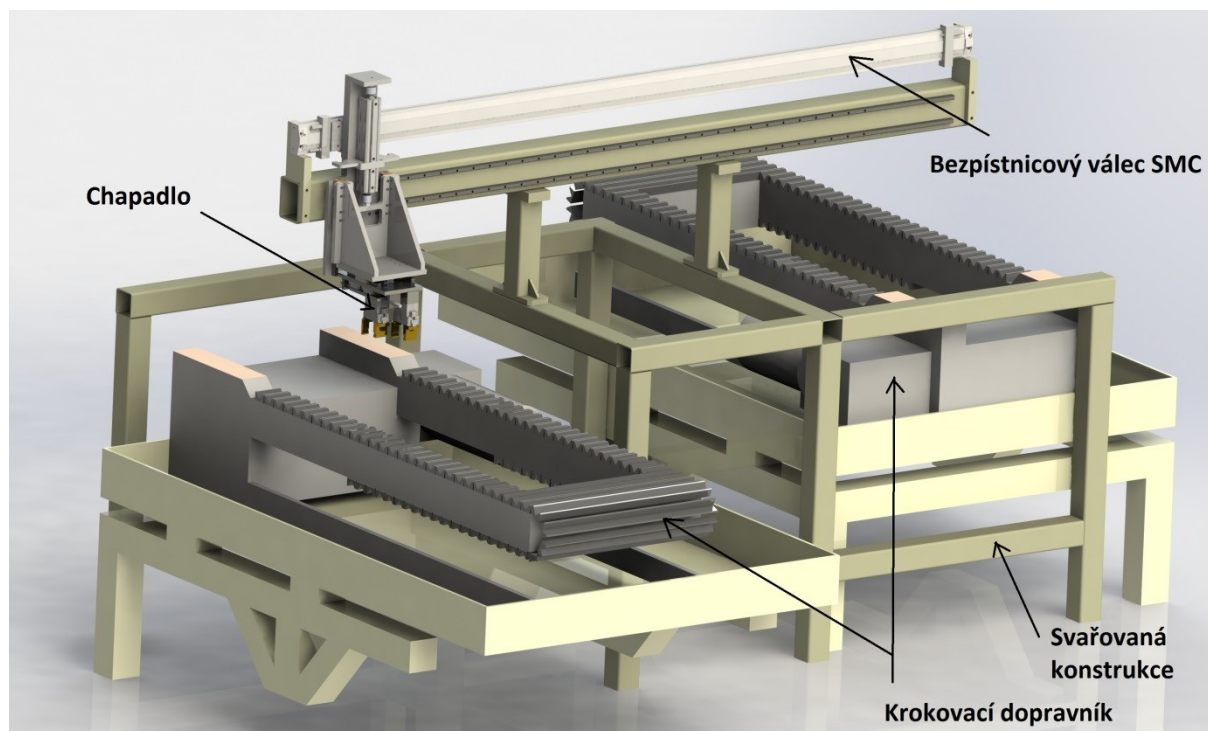
Druhá varianta je koncipovaná jinou formou než první. Jedná se o průmyslový manipulátor, který pohání elektrický pohon od firmy FESTO. Základem je svařovaná konstrukce, na které je připevněný dlouhý dutý profil a na něm kolejnice, po které jezdí vozíky a následně celé vertikální rameno spolu s efektozem. Jedná se o manipulátor s 3+1 stupni volnosti. Pohyb po horizontální ose – lineární vedení, umožňuje pohyb mezi dopravníky. Dalším pohybem je po vertikální ose, který umožňuje pohyb dolů do místa pro odebrání tyčí. O tento pohyb se starají tandemové válce. Posledním pohybem je opět lineární posuv, tento posuv zajišťuje rozdílnou vzdálenost šíře prvního a druhého dopravníku a zároveň stejný pohyb je pro rozdílnou rozteč chapadla pro odlišnou vzdálenost prizmatu u dopravníku. Nevýhodou této varianty je složitá konstrukce. [22]



Obrázek 19: II. varianta

4.3 III. VARIANTA

Třetí varianta je podobná variantě druhé. Pohon je v tomto případě pneumatický. O horizontální pohyb se stará bezpístnicový pneumatický válec. Všechny válce, které se zde nachází, jsou použity od firmy SMC. Výhodou této varianty je nízká cena. Náklady spojené na výrobu tohoto manipulátoru včetně zakoupení všech komponentů vychází ekonomicky výhodně. Nevýhodou jsou úniky stlačeného vzduchu a složitá konstrukce. [23]



Obrázek 20: III. varianta

5. HODNOTOVÁ ANALÝZA:

Navržené varianty budou nyní pomocí hodnotové analýzy srovnány a bude vybrána varianta optimální. K tomuto účelu využiji metodu porovnání v trojúhelníku párů.

Hodnoty kritérií:

Tab. 5.1 Hodnoty kritérií

Vysoká úroveň	6
Dobrá úroveň	5
Průměrná úroveň	4
Nízká úroveň	3
Nevyhovující úroveň	2
Nepříznivý stav	1

Tab. 5.2 Významnost kritérií

Nejvyšší	2
Nejnižší	1

Kritéria hodnocení:

Na základě navržených variant byly vybrány následující kritéria, která se navzájem budou porovnávat.

Tab. 5.3 Zvolená kritéria pro hodnocení

Označení kritéria	Kritérium	Popis kritéria
K1	Cena	Cena celkového manipulátoru, cena pohonů, atd.
K2	Složitost konstrukce	Snadná, design, funkčnost systému
K3	Složitost řízení	Složitost řídicího mechanismu, naprogramování, spuštění, bezpečnost
K4	Zástavbový prostor	Prostor pracoviště dle rozměrů, snadnější přístup během servisu a montáže
K5	Provozní náklady	Spotřeba energií, druh použité energie

Vyhodnocená kritéria:**Tab. 5.4 Konkrétní hodnoty jednotlivých kritérií**

Označení kritéria	Varianta I	Varianta II	Varianta III
K1	1 200 000 Kč	600 000 Kč	450 000 Kč
K2	Kromě efektoru všechno koupené, jednoduché	Konstrukčně složité	Konstrukčně složité
K3	Výkonný řídicí systém KUKA	Jednoduché řízení	Složité řízení
K4	Objemný robot + velký rozváděč	Velká svařovaná konstrukce, horší demontáž ramene	Velká svařovaná konstrukce, snadná demontáž ramene
K5	Kombinace (el. energie a pneumatika)	El. energie	Pneumatická energie

Hodnocení kritérií:**Tab. 5.5 Bodové hodnocení variant řešení**

Označení kritéria	Varianta I	Varianta II	Varianta III
K1	3	4	6
K2	6	2	4
K3	4	3	5
K4	4	4	4
K5	4	4	5

Určení významnosti:**Tab. 5.6 Metoda porovnání v trojúhelníku párů**

Porovnávané páry kritérií				Počet voleb v	Pořadí
K1	K1	K1	K1	2,5	2
K2	K3	K4	K5		
	K2	K2	K2	3	1
	K3	K4	K5		
		K3	K3	0	4
		K4	K5		
			K4	2,5	2
			K5	2	3

Závislost váhy významnosti q na počtu voleb v:

Tato závislost je lineární, proto platí vztah:

$$q = k \cdot v + b \quad (5.1)$$

Pro vykreslení přímky je třeba vyjádřit směrnici k a hodnotu posunutí přímky b.

Dosazením nejnižší hodnoty $v = 0$ a přiřazením nejnižší hodnoty významnosti $q = 1$ do vztahu (5.1) získáme:

$$1 = k \cdot 0 + b \rightarrow b = 1$$

Dosazením nejvyšší hodnoty $v = 3$ a přiřazením nejvyšší hodnoty významnosti $q = 2$ do vztahu (5.1) získáme:

$$2 = k \cdot 3 + 1 \rightarrow k = \frac{1}{3} \quad (5.2)$$

Rovnice závislosti je tedy po dosazení hodnot $k = \frac{1}{3}$ a $b = 1$ do základní rovnice (5.1):

$$q = \frac{1}{3} \cdot v + 1 \quad (5.3)$$



Graf 21: Graf závislosti významnosti na počtu voleb

Váha významnosti pro jednotlivá kritéria:

Nyní je možno ze vztahu (5.3) spočítat váhu významnosti jednotlivých kritérií:

Tab. 5.7 Metoda porovnání v trojúhelníku párů

Označení kritéria	Váha významnosti
K1	1,83
K2	2
K3	1
K4	1,83
K5	1,66

Vyhodnocení variant řešení:

Nyní výpočtem váženého indexu zjistím celkovou hodnotu pro každou variantu a ty následně porovnávám.

Tab. 5.8 Vážený index varianty I.

Označení kritéria	Varianta I.		
	Bodové hodnocení	Váha významnosti	Vážený index
K1	3	1,83	4,83
K2	6	2	12
K3	4	1	4
K4	4	1,83	7,32
K5	4	1,66	6,64
Celkový vážený index			34,79

Tab. 5.9 Vážený index varianty II.

Označení kritéria	Varianta II.		
	Bodové hodnocení	Váha významnosti	Vážený index
K1	4	1,83	7,32
K2	2	2	4
K3	3	1	3
K4	4	1,83	7,32
K5	4	1,66	6,64
Celkový vážený index			28,28

Tab. 5.10 Vážený index varianty III.

Označení kritéria	Varianta III.		
	Bodové hodnocení	Váha významnosti	Vážený index
K1	6	1,83	10,98
K2	4	2	8
K3	5	1	5
K4	4	1,83	7,32
K5	5	1,66	8,3
Celkový vážený index			39,6

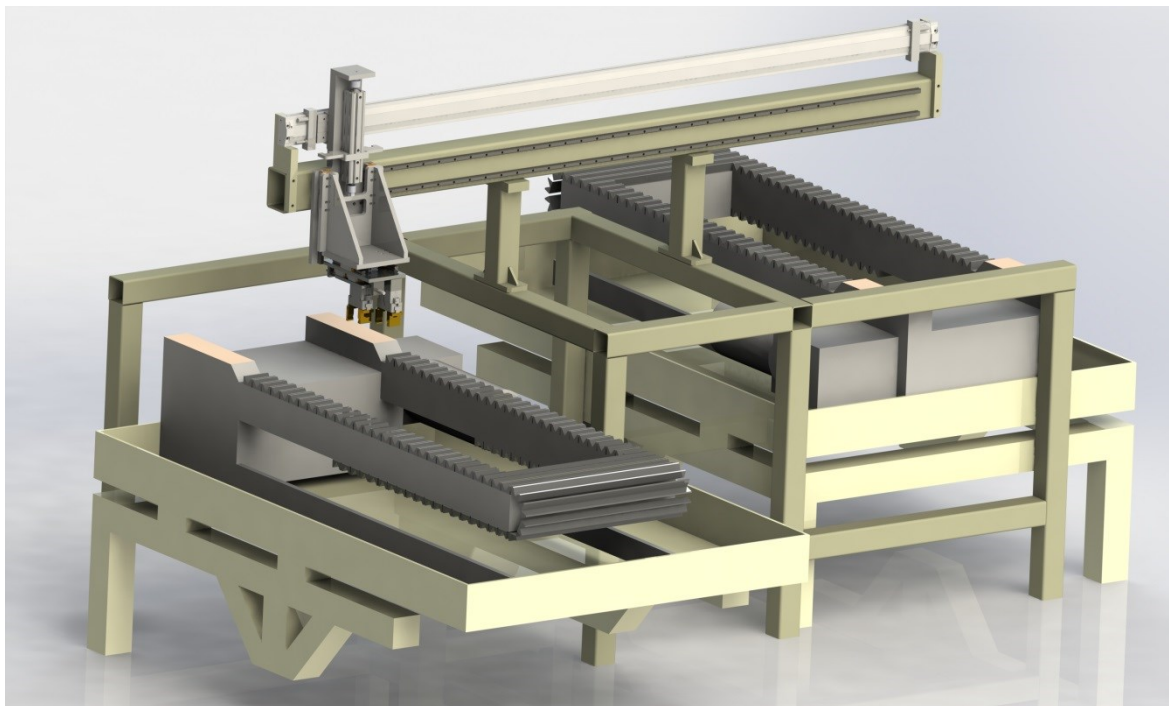
Tab. 5.11 Souhrn výsledků

Varianta	Celkový index	Pořadí
Varianta I.	34,79	2
Varianta II.	28,28	3.
Varianta III.	39,6	1.

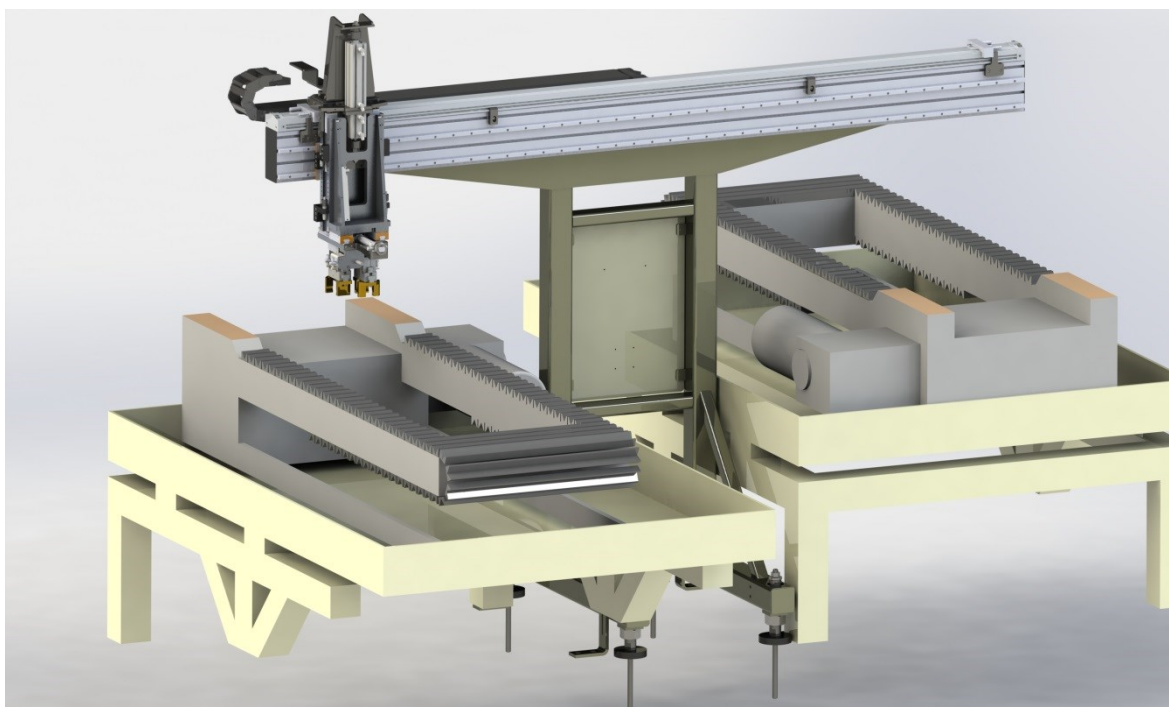
Porovnáním vážených indexů vyplývá, že varianta III. je optimální.

6. NÁVRH FINÁLNÍHO ŘEŠENÍ

V této kapitole je upravena III. varianta, která získala v hodnotové analýze nejvíce indexových bodů. Princip manipulátoru zůstal zachován, nastaly pouze změny po vzhledové a technologické stránce. Na obrázku 22 a 23 je provedeno srovnání mezi III. variantou a finálním manipulátorem.



Obrázek 22: III. varianta

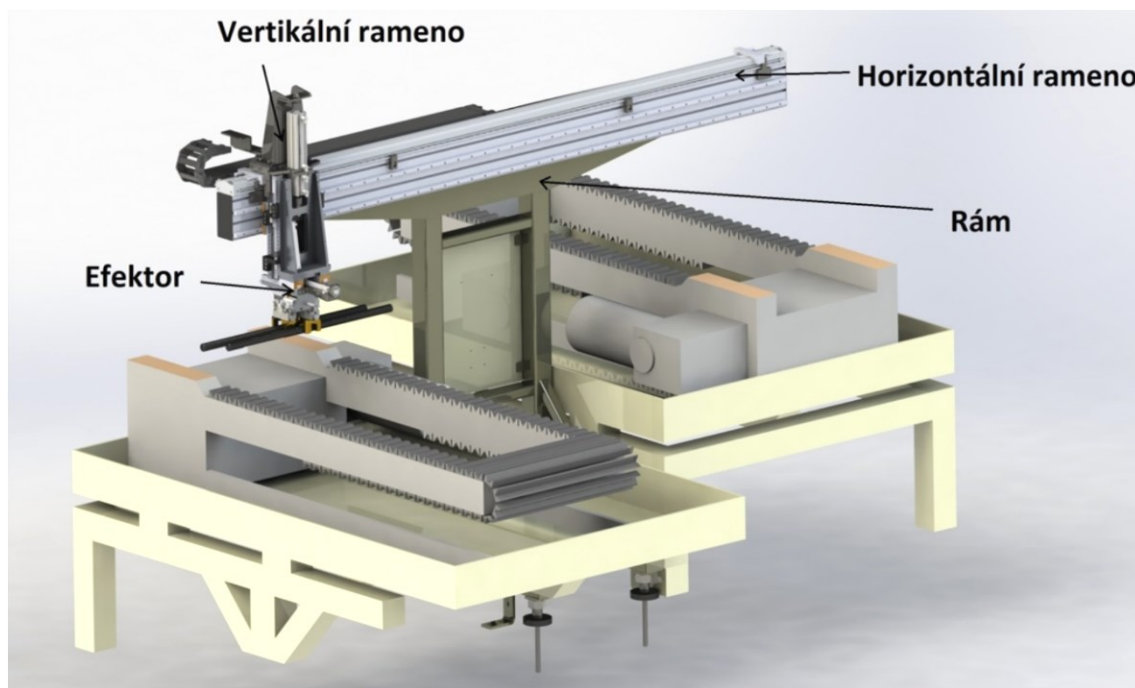


Obrázek 23: Finální varianta

Na první pohled vypadají obě pracoviště (Obr. 22; 23) zcela odlišně. To ale není pravda. Manipulátor je pouze upraven a zjednodušen.

6.1 Popis finální varianty

Finální varianta je rozdělená na 4 hlavní části. Všechny 4 části jsou postupně detailně popsány níže včetně výpočtové části.



Obrázek 24: Finální varianta

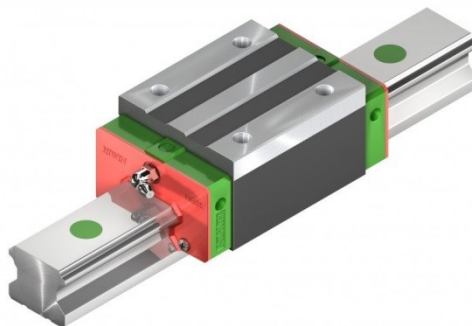
Průmyslový manipulátor je používán v prostředí, kde je čistý provoz, nachází se uvnitř výrobní haly, kde jsou po celé hale hadice pro stlačený plyn, tudíž je zvolena volba pneumatického pohonu, díky jednoduchosti a také bezpečnosti.

V konstrukci je použitých 5 pneumatických válců od firmy SMC včetně jejího příslušenství. Tato značka je zvolena z důvodu cenové dostupnosti, například oproti firmě FESTO.

Výpočet pohonu je proveden ve všech případech s tlakem 4 bar. Běžně se používá tlak 6 bar. Tento tlak je ale v tomto případě nereálný z důvodů ztrát (délky hadic, odlišného průřezu hadic a dalších příčin). K této skutečnosti jsou spočítané hodnoty s tlakem 4 bar.

6.1.2 Lineární vedení

Lineární vedení je důležitým prvkem celého manipulátoru. Nachází se na všech místech, kde je možné vidět pneumatický válec. Toto vedení slouží pro lepší pohyb bez kolizí, zároveň napomáhá k tomu, aby zde nevznikalo žádné tření. Tím, že snižuje koeficient tření, tak se také zvyšuje životnost jak samotného vedení, tak i celého stroje. Vedení má tvar kolejnice a jako vozíky se v tomto případě používají pouzdra se zabudovanými kuličkami. V mnoha případech je vidět, že je použita dvojice lineárního vedení, důvodem je lepší rozložení sil na několika místech. Lineární vedení je použito od firmy HIWIN. Kolejnice a vozíky se zde nacházejí ve dvou typech provedení. Vozíky se značí HGH15CA a HGH20CA a kolejnice HGR15 a HGR20. [24]



Obrázek 25: Lineární vedení [24]

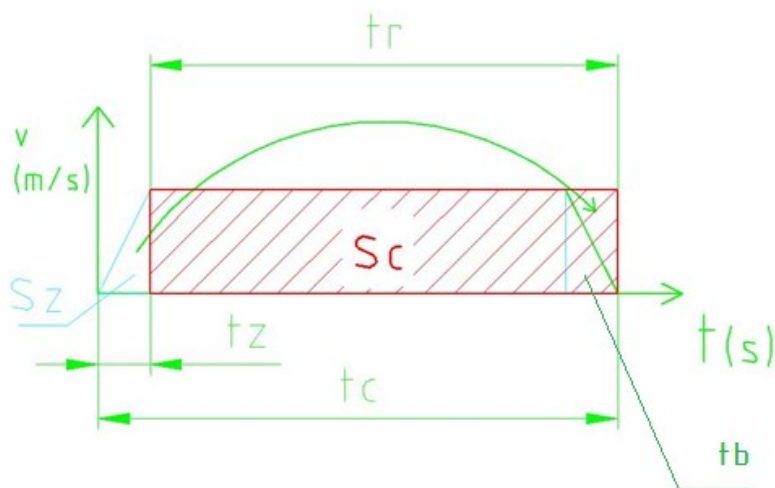
6.1.3 Obecné výpočty

Tab. 6.1 Shrnutí časování činností:

Činnost	Čas [s]
Pohyb translační – vertikální osa bez OM	1,5
Uchopení OM	1
Pohyb translační – vertikální osa s OM	1,5
Pohyb translační – osa Y pohyb efektoru s OM	0,5
Pohyb translační – horizontální osa s OM	16
Pohyb translační – vertikální osa s OM	1,5
Rozložení čelistí	1
Pohyb translační – vertikální osa bez OM	1,5
Pohyb translační – osa Y pohyb efektoru bez OM	0,5
Celkem	25

6.1.3.1 Analýza pohybu průmyslového robotu

Celkový pohyb je rozložen na rovnoměrně zrychlený pohyb, pohyb rovnoměrný a pohyb rovnoměrně zpomalený. Pro výpočty jednotlivých rychlostí, drah, časů a zrychlení vycházíme z předpokladu, že dráha potřebná pro zrychlení tělesa je rovna desettině celkové dráhy. Při výpočtu nahradíme tři druhy pohybu za jeden pohyb rovnoměrný, jak je znázorněn na obr. 2.11, kde t_c – celkový čas, t_z – čas pro zrychlení, t_b – čas pro brždění, t_r - čas pro nahrazený rovnoměrný pohyb, s_z - dráha pro zrychlení pohyb, s_c - celková dráha. [21]



Obrázek 26: Časová proměna

6.1.3.2 Výpočet tíhové síly

$$m = 7 + 26 = 33 \text{ kg}$$

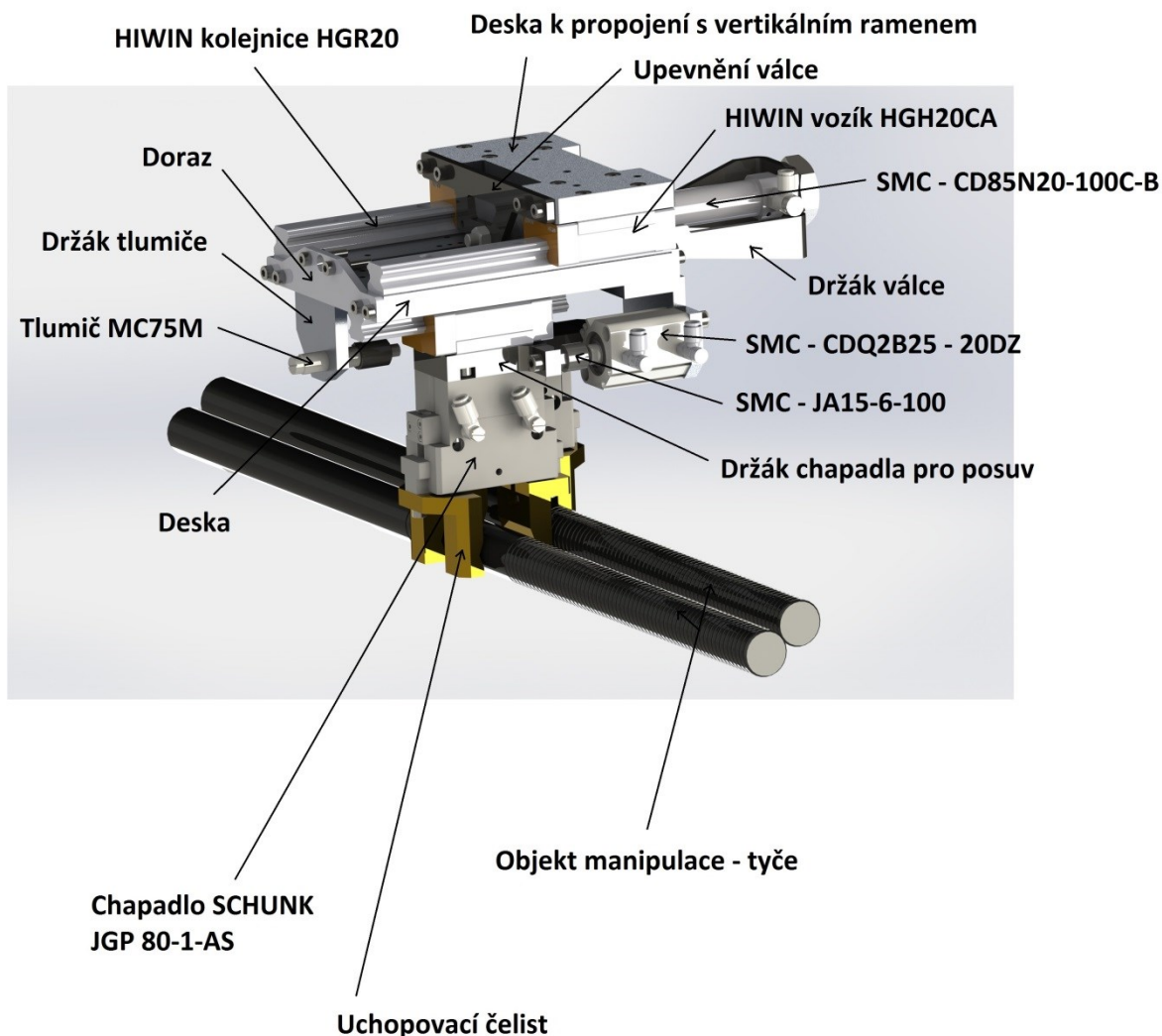
Výpočet tíhové síly působící při zvedání OM:

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$F_G = m \cdot g$$

$$F_G = 33 \cdot 9,81 = 323,73 \text{ N}$$

6.2 Efektor



Obrázek 27: Detail efektoru

Efektor se skládá ze dvou pneumatických univerzálních paralelních chapadel firmy SCHUNK. Tato chapadla jsou nejlepší volbou mezi poměrem cena – výkon. Uchopovacím prvkem jsou čelisti. Tvary a rozměry těchto čelistí mohou být libovolné a liší se podle dané uchopovací operace. Jelikož se zvedá předmět kruhového průřezu, tak samostatná čelist má speciální vybrání pro lepší silový styk a uchopení dané tyče.

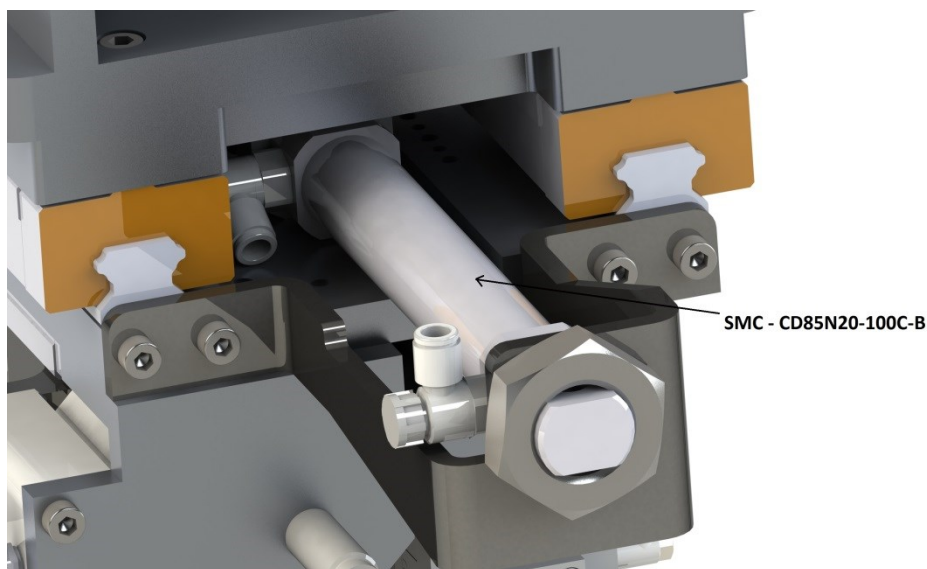
Tab. 6.2 Technické údaje JGP 80-1-AS:

Zdvih na čelisti	8 mm
Síla uzavření	570 N
Min. síla pružiny	155 N
Hmotnost	0,6 kg
Doporučená váha obrobku	2,1 kg
Min. provozní tlak	4 bar
Max. provozní tlak	6,5 bar
Jmenovitý provozní tlak	6 bar
Doba sepnutí	0,03 s
Doba otevření	0,05 s
Max. přípustná délka prstu	90 mm
Max. přípustná hmotnost prstu	0,6 kg
Min. okolní teplota	5 °C
Max. okolní teplota	90 °C
Max. moment Mx	48 N.m
Max. moment My	76 N.m
Max. moment Mz	44 N.m
Max. osová síla Fz	1200 N

[25]

6.2.1 Pohon

1. Prvním pohybem efektoru je posuv horizontální. Jedná se o pohyb pouze efektoru, který je zde z důvodu odlišné šířky obou dopravníků. Použitý je kruhový válec dvojčinný: CD85N20-100C-B. Válec je upevněný v prostoru mezi lineárním vedením a samotným efektozem.



Obrázek 28 Detail na válec – CD85N20-100C-B

Tab. 6.3 Parametry válce:

Průměr pístu	20 mm
Zdvih	100 mm
Vestavěný magnet	D (vestavěný magnet)
Cena	1 700 Kč

6.2.1.1 Výpočet horizontálního ramene na kontrolu požadovaných časů, rychlostí a zrychlení

Pohyb efektoru:

$$t_c = 0,5s$$

$$t_z = \frac{1}{6} \cdot t_c = \frac{1}{6} \cdot 0,5 = 0,083 \text{ s}$$

$$s_c = 0,1m$$

$$t_r = \frac{4}{6} \cdot t_c = \frac{4}{6} \cdot 0,5 = 0,3 \text{ s}$$

$$t_z = t_b = 0,083 \text{ s}$$

$$t_r = 0,3 \text{ s}$$

$$\omega = v = \frac{0,8 \cdot \varphi}{t_r} = \frac{0,8 \cdot 0,1}{0,3} = 0,26$$

$$\omega = 0,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\epsilon = a = \frac{\omega}{t_z} = \frac{0,26}{0,083} = 3,13$$

$$\epsilon = 3,13 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

6.2.1.2 Výpočet síly potřebné k zvedání (4 bar)

$$p = 4 \text{ bar}$$

$$F = p \cdot S$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} = 3,1416 \cdot 10^{-4}$$

$$F = 400\,000 \cdot 3,1416 \cdot 10^{-4} = 125,66$$

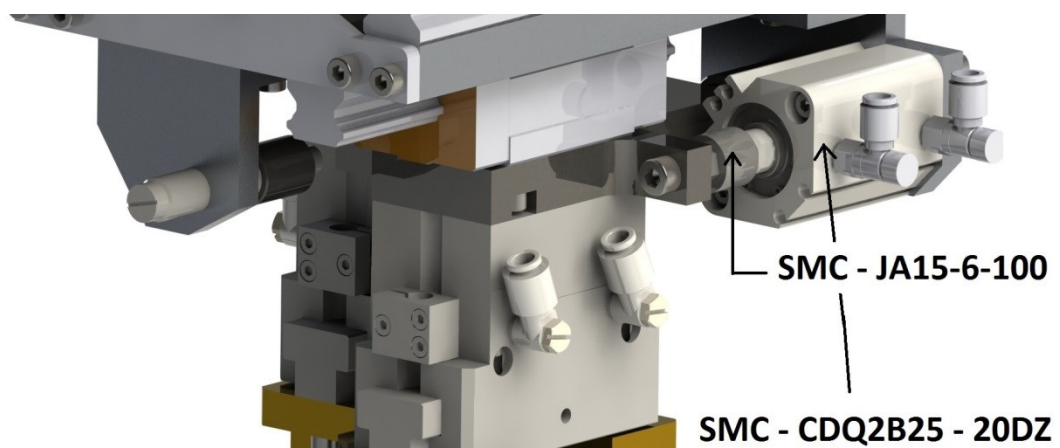
$$S = 3,1416 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$F = 125,66 \text{ N}$$

2. Druhým válcem je: CDQ2B25-20DZ, je to kompaktní dvojčinný válec, který slouží pro posuv jednoho chapadla, kvůli odlišné rozteče prizmatu mezi prvním a druhým dopravníkem.

Tab. 6.4 Parametry válce:

Průměr pístu	25 mm
Zdvih	20 mm
Vestavěný magnet	D (vestavěný magnet)
Cena	840 Kč



Obrázek 29: Detail na posuv chapadla

6.2.1.3 Výpočet síly potřebné k zvedání (4 bar)

$$p = 4 \text{ bar}$$

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$F = p \cdot S$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} = 4,908 \cdot 10^{-4}$$

$$F = 400\,000 \cdot 4,908 \cdot 10^{-4} = 196,35$$

$$S = 4,908 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

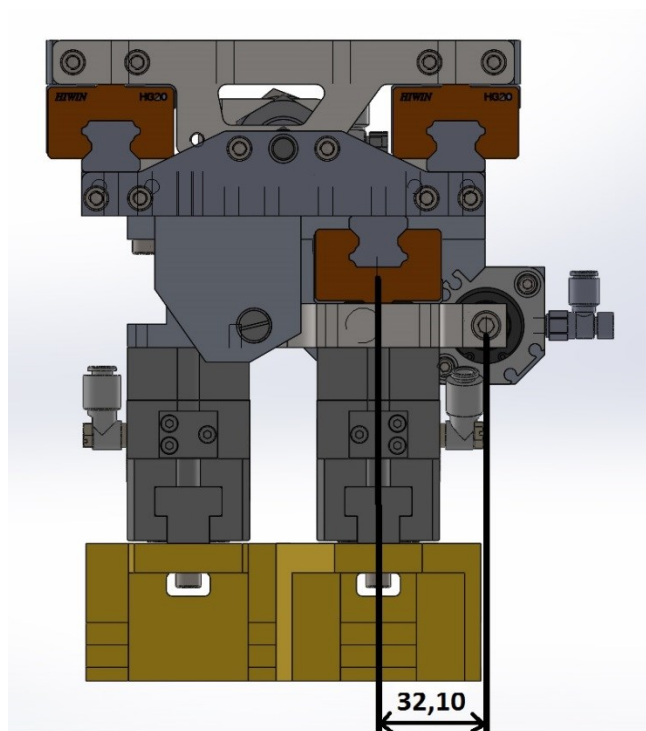
$$F = 196,35 \text{ N}$$

6.2.1.4 Výpočet lineárního vedení

Kolejnice: **HGR20**

Vozík: **HGH20CA**

Kontrola momentové síly na zatížení vozíku v místě posuvu hřebene:



Obrázek 30: Vzdálenost osy válce k ose vozíku

Výpočet momentové síly na zatížení vozíku

$$r = 32,10 \text{ mm}$$

$$F = 196,35 \text{ N}$$

$$M = F \cdot r$$

$$M = 196,35 \cdot 0,03210 = 6,3$$

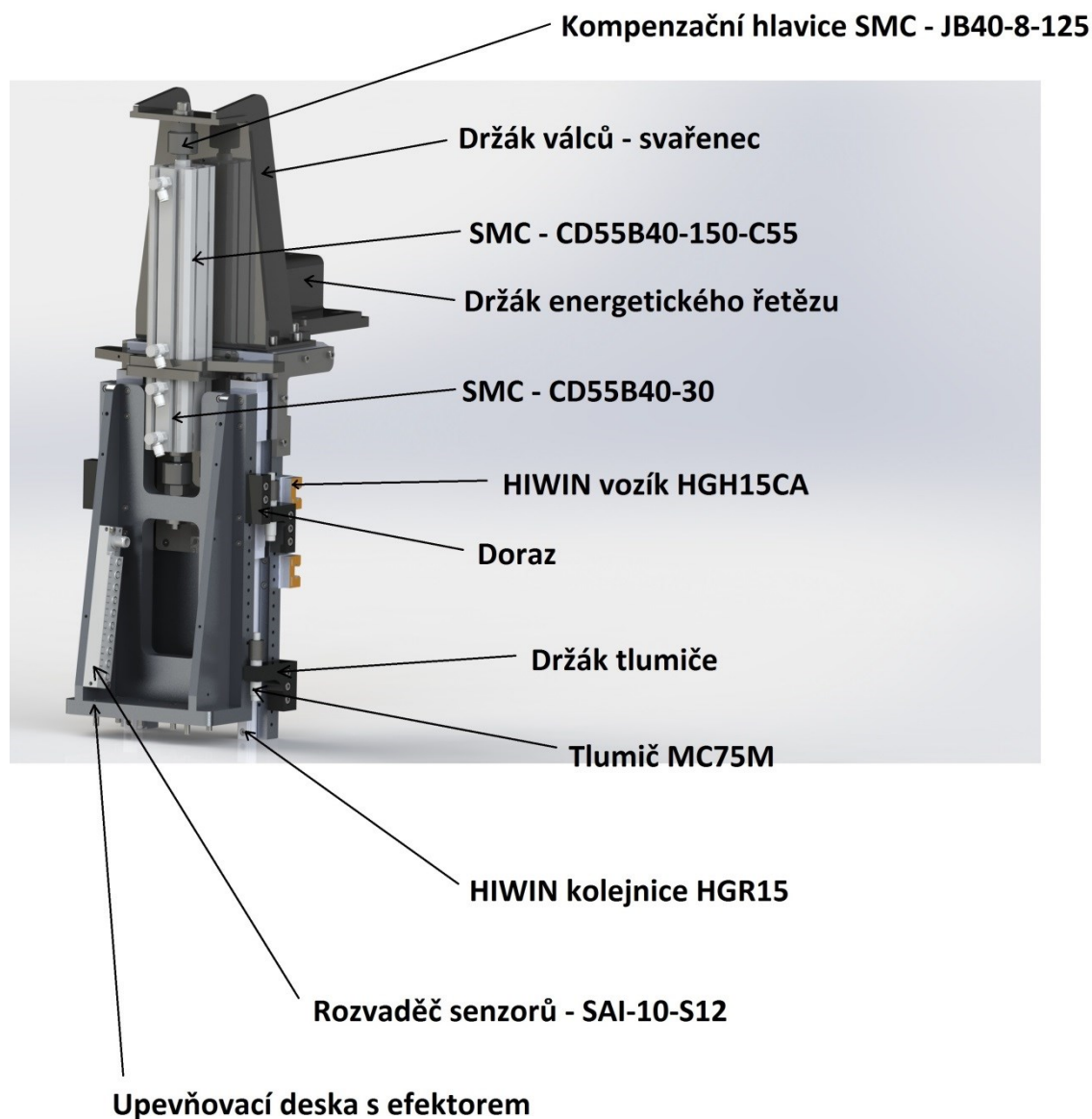
$$M = 6,3 \text{ N}$$

Typ	Montážní rozměry (mm)			Rozměry vozíku (mm)												Rozměry kolejnic (mm)								Šrouby pro kolejnici (mm)	Dynamická únosnost C_{dyn} (N)	Statická únosnost C_{st} (N)	Statický moment			Hmotnost	
	H	H ₁	N	W	B	B ₁	C	L ₁	L	G	Mx1	T	H ₂	H ₃	W ₈	H ₈	D	h	d	P	E	M _x (Nm)	M _y (Nm)				M _z (Nm)	vozik (kg)	kolejnice (kg/m)		
HGH15CA	28	4.3	9.5	34	26	4	26	39.4	61.4	5.3	M4x5	6	8.5	9.5	15	15	7.5	5.3	4.5	60	*	M4x16	11380	25310	170	150	150	0.18	1.45		
HGH20CA	30	4.6	12	44	32	6	36	50.5	77.5	12	M5x6	8	9	7	20	17.5	9.5	8.5	6	60	*	M5x16	17750	37840	380	270	270	0.38	2.21		
HGH20HA							50	65.2	90.3														21180	48840	480	470	470	0.39			
HGH25CA	40	5.5	12.5	48	35	6.5	35	58	83	12	M6x8	8	10	13	23	22	11	9	7	60	*	M6x20	26480	56190	640	510	510	0.67	3.21		
HGH25HA							50	78.6	103.6														32750	76000	870	880	880	0.69			
HGH30CA	45	6	16	60	40	10	40	70	97.4	12	M8x10	8.5	9.5	13.8	28	26	14	12	9	80	*	M8x25	38740	83060	1060	850	850	1.14	4.47		
HGH30HA							60	93	120.4														47270	110130	1400	1470	1470	1.16			

Obrázek 31: Tabulka výsledných hodnot na vozík HGH20CA [26]

$$M = 6,3 \text{ N.m} < M_x = 380 \text{ N.m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

6.3 Vertikální rameno



Obrázek 32: Detail vertikálního ramene

6.3.1 Pohon

Druhý a třetí pneumatický válec se nachází na vertikálním ramenu a umožňuje pohyb svislý. Díky tomuto pohybu je možné se přiblížit ke středu odběru tyče a výškově nastavovat danou polohu. K vyrovnání odlišné výšky mezi prvním a druhým dopravníkem jsou použity dva válce. Po lineárním vedení je možné se pohybovat o 150 nebo 30 mm níže.

Maximálně se může vertikální rameno posunout o 180 mm níže. O tento pohyb se starají tyto válce: CD55B40-150-C55 a CD55B40-30. Součástí příslušenství válců jsou kompenzační hlavice a nástrčné spojky. Kompenzační hlavice absorbují vliv vyosení těžiště břemene vůči ose pístnice

6.5 Parametry válce:

Průměr pístu	40 mm
Zdvih	150 mm
Vestavěný magnet	D (vestavěný magnet)
Cena	2 400 Kč

6.6 Parametry válce:

Průměr pístu	40 mm
Zdvih	30 mm
Vestavěný magnet	D (vestavěný magnet)
Cena	2 200 Kč

6.3.1.1 Výpočet vertikálního ramene na kontrolu požadovaných časů, rychlostí a zrychlení

Pohyb svislý:

$$t_c = 1,15 \text{ s}$$

$$t_z = \frac{1}{6} \cdot t_c = \frac{1}{6} \cdot 1,15 = 0,25 \text{ s}$$

$$s_c = 0,18 \text{ m}$$

$$t_r = \frac{4}{6} \cdot t_c = \frac{4}{6} \cdot 1,15 = 1 \text{ s}$$

$$t_z = t_b = 0,25 \text{ s}$$

$$t_r = 1 \text{ s}$$

$$\omega = v = \frac{0,8 \cdot \varphi}{t_r} = \frac{0,8 \cdot 0,18}{1} = 0,144$$

$$\omega = 0,144 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\epsilon = a = \frac{\omega}{t_z} = \frac{0,144}{0,25} = 0,576$$

$$\epsilon = 0,576 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

6.3.1.2 Výpočet síly potřebné k zvedání (4 bar)

$$p = 4 \text{ bar}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$F = p \cdot S$$

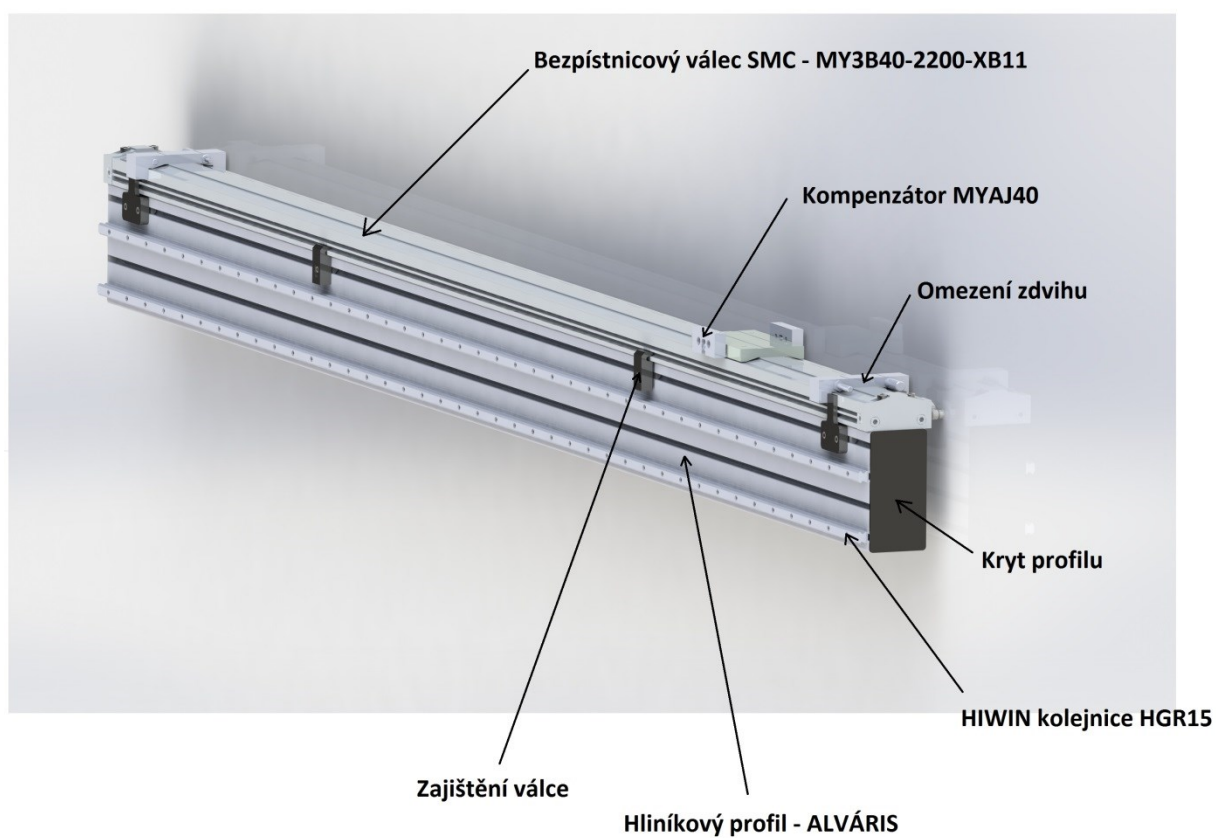
$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} = 1,256 \cdot 10^{-3}$$

$$F = 400\,000 \cdot 1,256 \cdot 10^{-3} = 502,65$$

$$S = 1,256 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F = 502,65 \text{ N}$$

6.4 Horizontální rameno

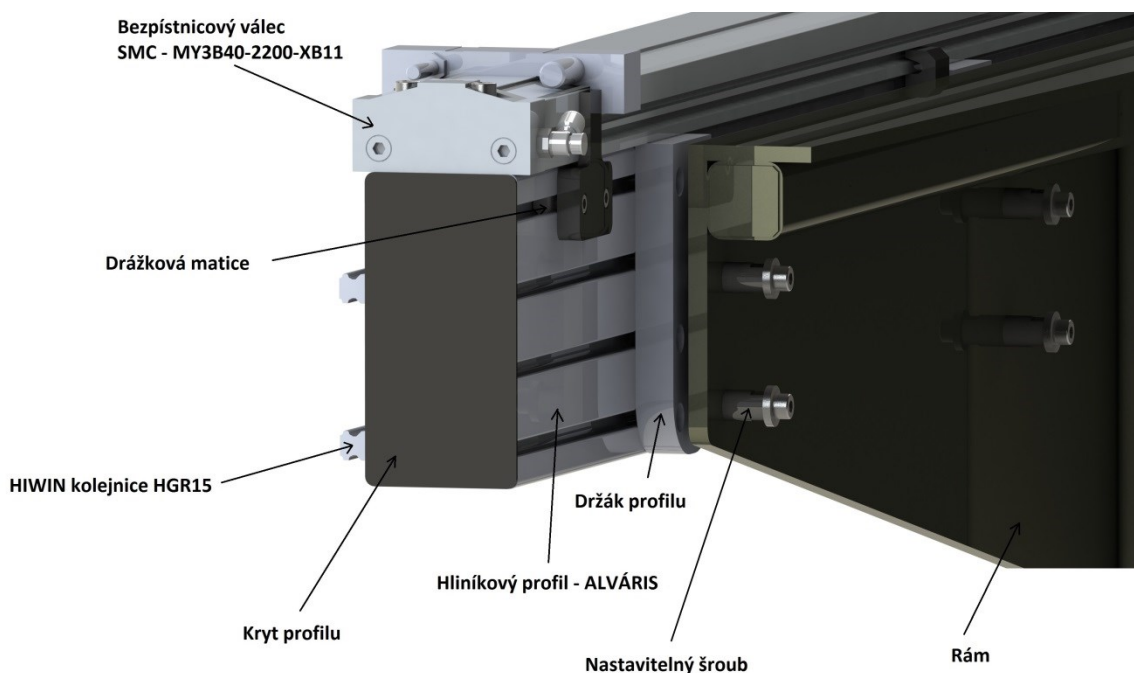


Obrázek 33: Detail horizontálního ramene

6.4.1 Hliníkový profil

Tento profil patří mezi důležité prvky celého manipulátoru, jelikož se na něm nachází hodně komponentů k funkčnosti systému. Je zde připevněn bezpečnostní válec a lineární vedení, po kterém se posouvá vertikální rameno včetně efektoru. Tento hliníkový profil je od firmy ALVÁRIS. Jedná se o profil 160x80 mm a na délku má 2476 mm. [27]

K svařovanému rámu – základnímu podstavci celého manipulátoru je připevněn deseti šrouby, které se dají snadno nastavovat. Dá se nastavit přizpůsobení a vzdálenost k samotné svařované konstrukci pomocí šroubu se závitem. Tyto šrouby jsou připevněny na držák profilu. Samotný držák profilu je připevněn k profilu šroubem pomocí drážkové matice. Díky těmto drážkám je snadná montáž dalších komponentů k profilu. Kolečnice na horizontální ose jsou k hliníkovému profilu připevněny pomocí drážkové matice šroubem M4x20. [28]



Obrázek 34: Uchycení profilu

6.4.2 Pohon

Tento pneumatický válec slouží pro odběr tyčí mezi dopravníky. Jedná se o bezpístnicový válec – MY3B40-2200-XB11. Součástí příslušenství válce je kompenzátor

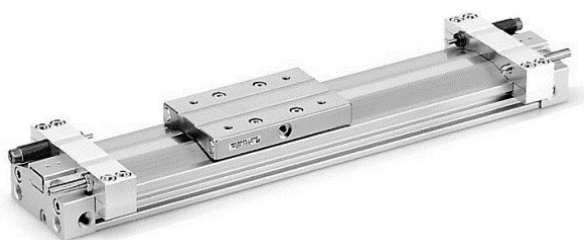
a omezení zdvihu. Kompenzátor umožňuje propojení s externím vedením. V tomto případě propojení se součástí, která je propojená s vertikálním ramenem. Válec je připevněn k hliníkovému profilu přes drážkovou matici šroubem M8x45.

Při vodorovném pohybu (úhel osy válce $\alpha = 0^\circ$) působí břemeno celou hmotností na podložku (lineární vedení). To dovoluje využít celou sílu pneumatického válce pro zrychlení.

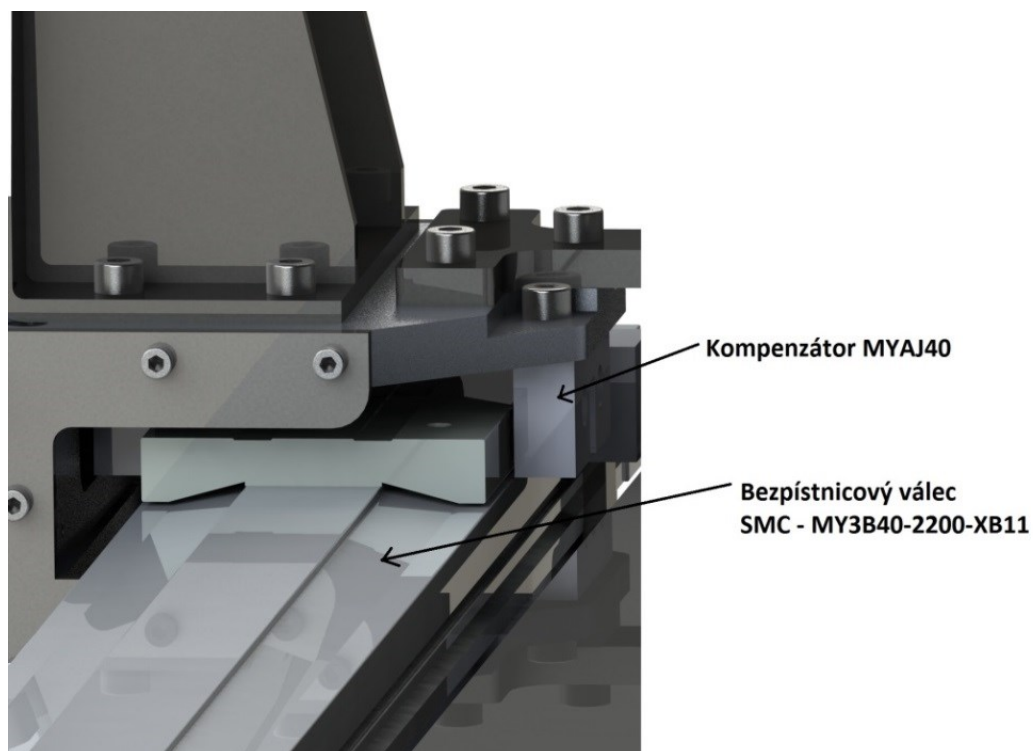
Parametry:

Tab. 6.7 Parametry válce:

Průměr pístu	40 mm
Zdvih	2200 mm
Dlouhý zdvih	XB11 (prodloužený zdvih)
Cena	27 000 Kč



Obrázek 35: MY3B40-2200-XB11 [29]



Obrázek 36: Detail na horizontální osu a uchycení vertikální osy

6.4.2.1 Výpočet horizontálního ramene na kontrolu požadovaných časů, rychlostí a zrychlení

Pohyb vodorovný:

$$t_c = 16 \text{ s}$$

$$s_c = 2,03 \text{ m}$$

$$t_z = t_b = 2,6 \text{ s}$$

$$t_r = 10,6 \text{ s}$$

$$t_z = \frac{1}{6} \cdot t_c = \frac{1}{6} \cdot 16 = 2,6 \text{ s}$$

$$t_r = \frac{4}{6} \cdot t_c = \frac{4}{6} \cdot 16 = 10,6 \text{ s}$$

$$\omega = v = \frac{0,8 \cdot \varphi}{t_r} = \frac{0,8 \cdot 2,03}{10,6} = 0,15$$

$$\omega = 0,15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\epsilon = a = \frac{\omega}{t_z} = \frac{0,15}{2,6} = 0,058$$

$$\epsilon = 0,058 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

6.4.2.2 Výpočet síly potřebné k zvedání (4 bar)

$$p = 4 \text{ bar}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$F = p \cdot S$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} = 1,256 \cdot 10^{-3}$$

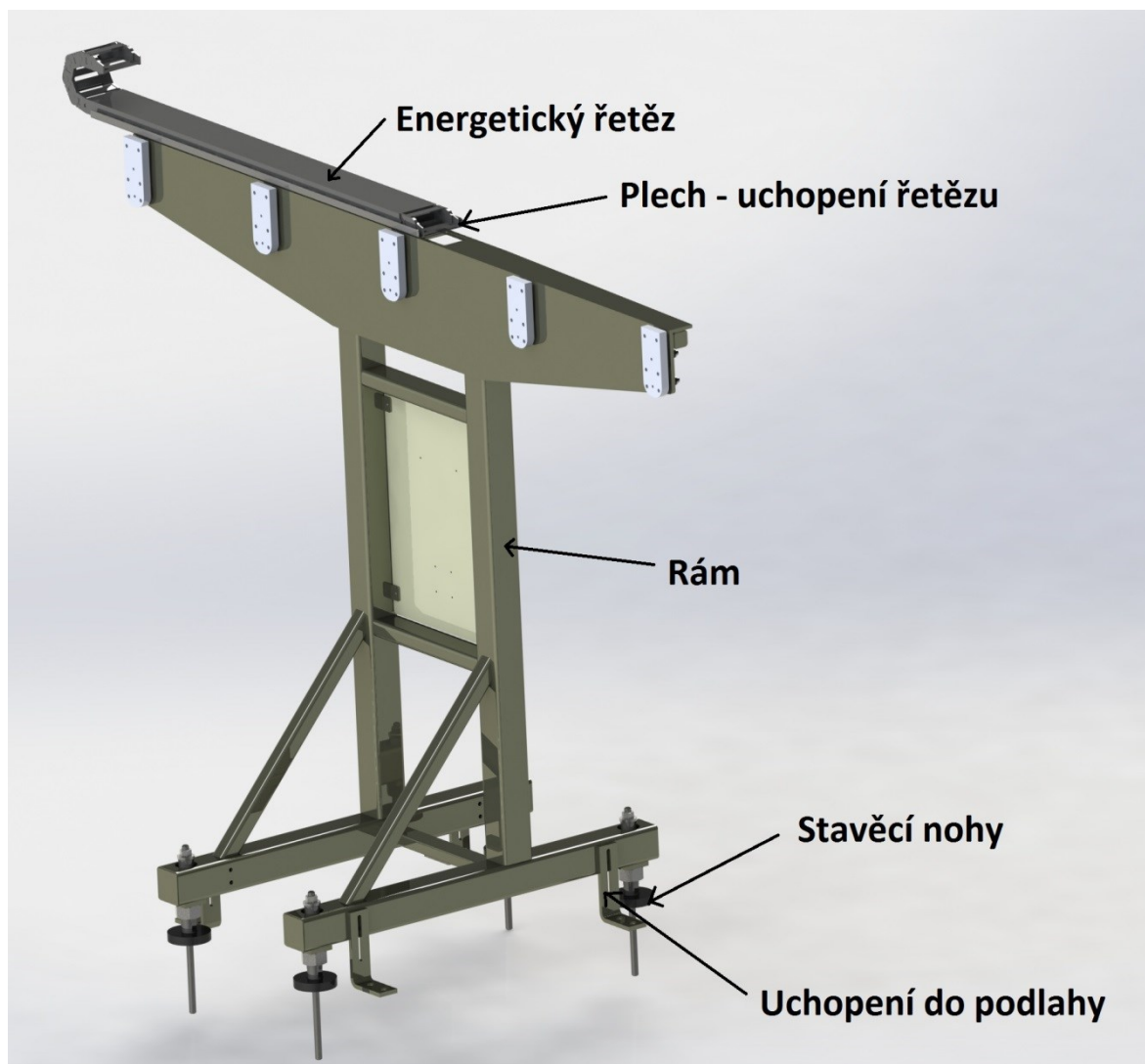
$$F = 400\,000 \cdot 1,256 \cdot 10^{-3} = 502,65$$

$$S = 1,256 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$F = 502,65 \text{ N}$$

Síla pro zvedání OM při tlaku 4 bar = 502,65 N. Nosnost vertikálního ramene včetně efektoru a objektu manipulace se pohybuje okolo 33 kg. Což ve výsledku znamená přibližně 330 N. Tato hodnota je stále přívětivá k dané situaci a lehkým předimenzováním.

6.5 Rám

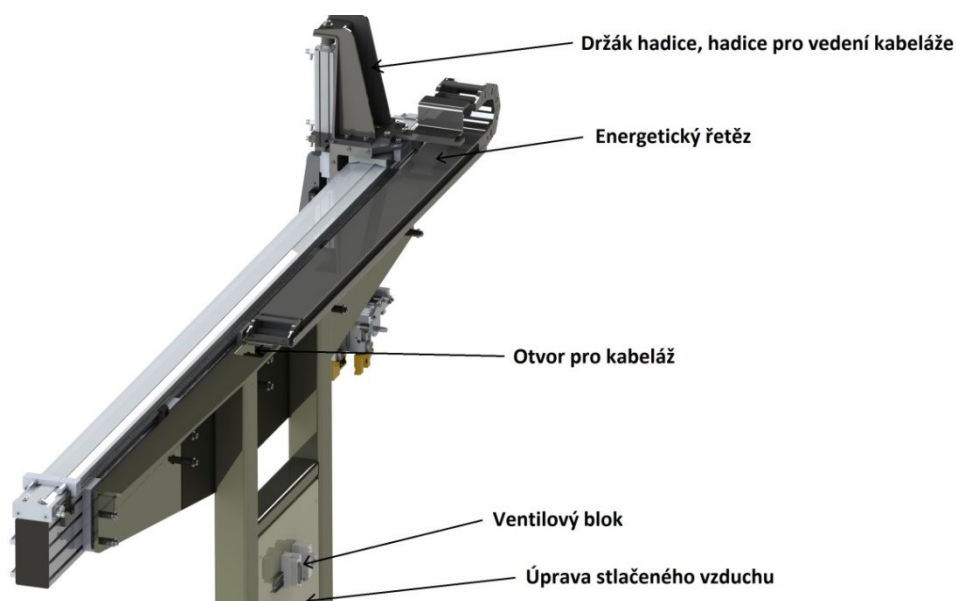


Obrázek 37: Rám manipulátoru

Oproti III. variantě rám konstrukce výrazně změnil svůj vzhled. Je mnohem jednodušší, skladnější a lehčí. Tato základní konstrukce celého manipulátoru se změnila z důvodu zástavbového prostoru pracoviště. Vzhledem k malému prostoru původní konstrukce byla velmi složitá na transport do místa určení. Finální svařenec je nejvýhodnější právě na transport. Jeho rozměry jsou 560 x 1004 x 1540 (š x h x v). Díky těmto rozměrům je konstrukce mnohem skladnější a odpovídá velikosti europalety. Na rámu je připevněný energetický řetěz, ve kterém vedou hadičky a kabely. Na spodní části rámu jsou nastavitelné stavěcí nohy, které zajišťují stabilitu manipulátoru. Aby nedošlo k převrácení manipulátoru během činnosti práce, je celý manipulátor připevněný osmi šrouby k zemi.

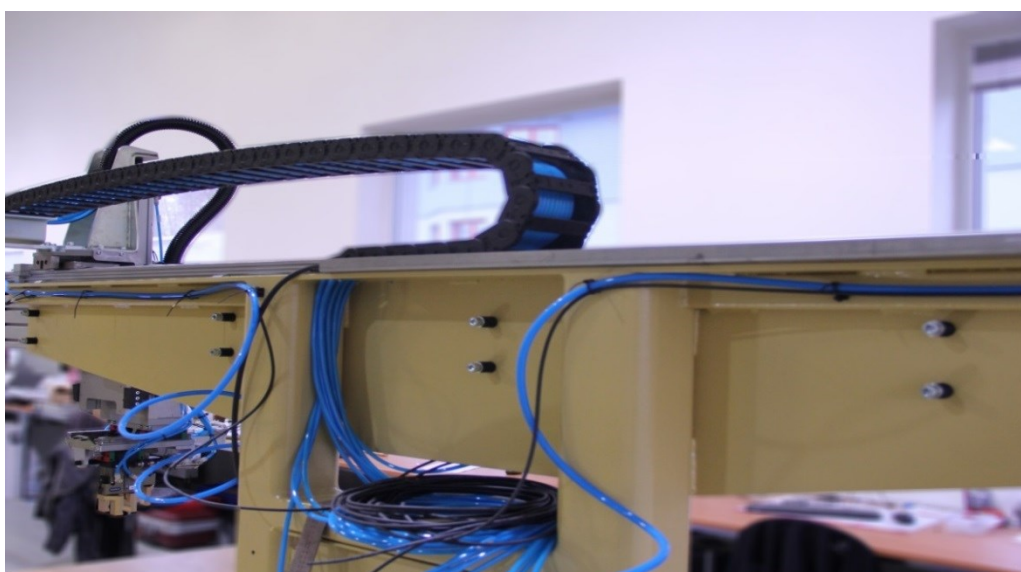
6.5.1 Vedení kabeláže

Kabely a hadičky od pneumatických válců jsou vedeny přes energetický řetěz, který se nachází na zadní straně manipulátoru. (obr. 6.3) Na přední straně manipulátoru jsou na některých dílech dopředu navrženy díry se závitem pro připevnění kostky na upevnění kabeláže spolu s páskou. Energetický řetěz leží na plechu, který je přišroubován na hlavní svařované konstrukci. V té je otvor pro celé vedení kabeláže včetně jejího propojení s ventilovým blokem a úpravou vzduchu pro stlačený vzduch. Odtud vedou všechny zbývající kabely do rozvaděče. [30]



Obrázek 38: Popis zadní části manipulátoru

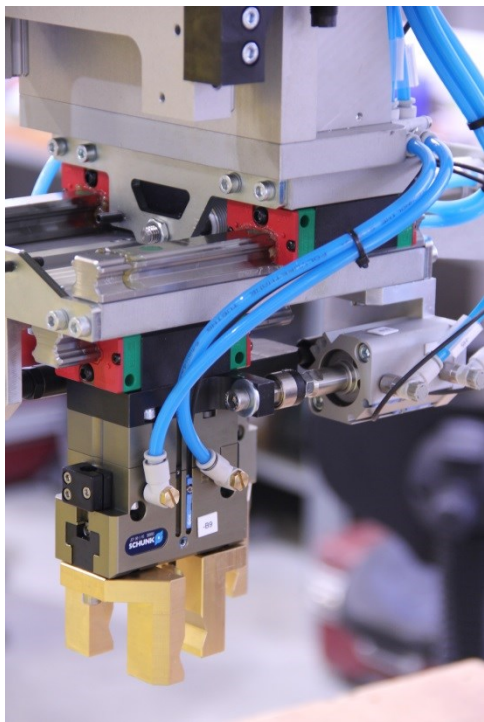
Na obrázku 6.3.1 je reálná fotografie vyrobeného manipulátoru, včetně vedení kabeláže.



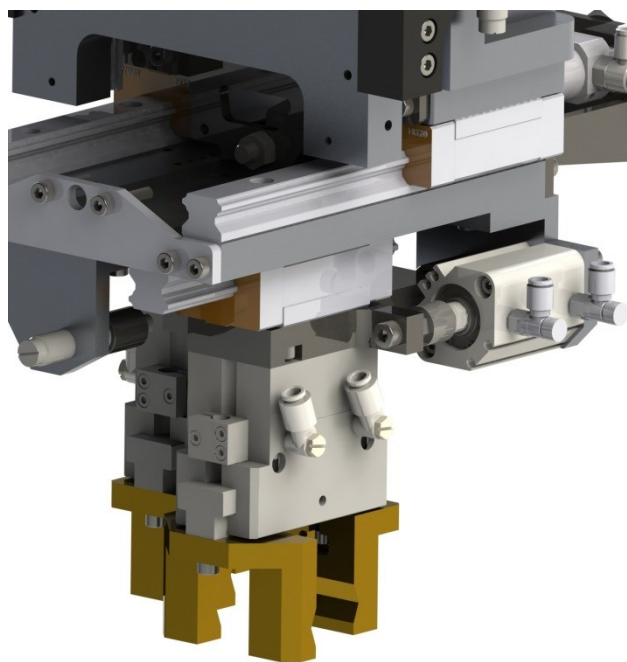
Obrázek 39: Příprava kabeláže

7. VYROBENÝ MANIPULÁTOR A 3D MODEL

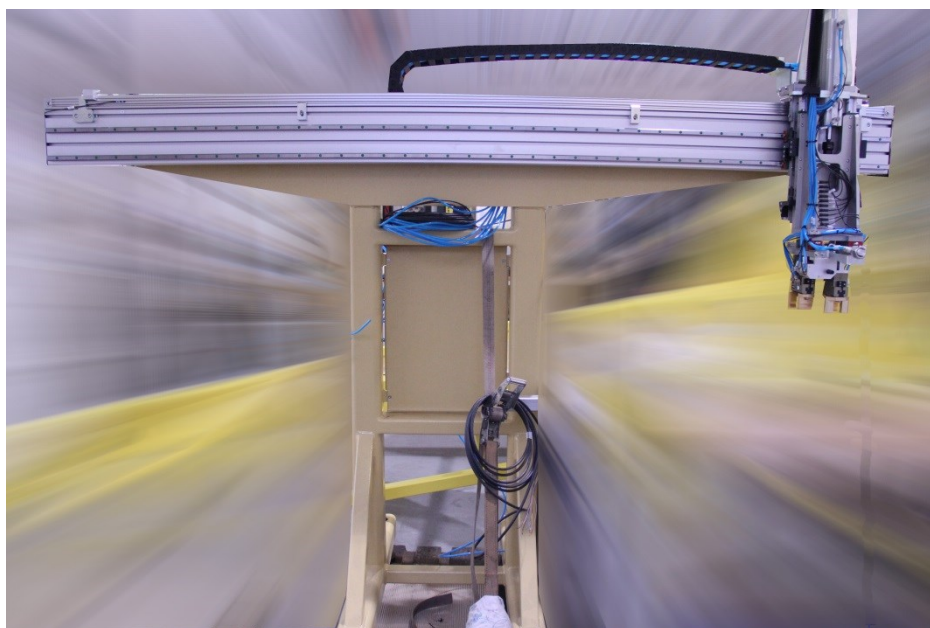
Zařízení bylo realizované a připravené k použití. Došlo k několika změnám. Změny jsou pouze ve vyrobených dílech, které nemají vliv na změnu funkce manipulátoru. Pro porovnání je k dispozici fotografie vyrobeného manipulátoru a 3D model.



Obrázek 40: Detail chapadla – vyrobený



Obrázek 41: Detail chapadla – 3D model



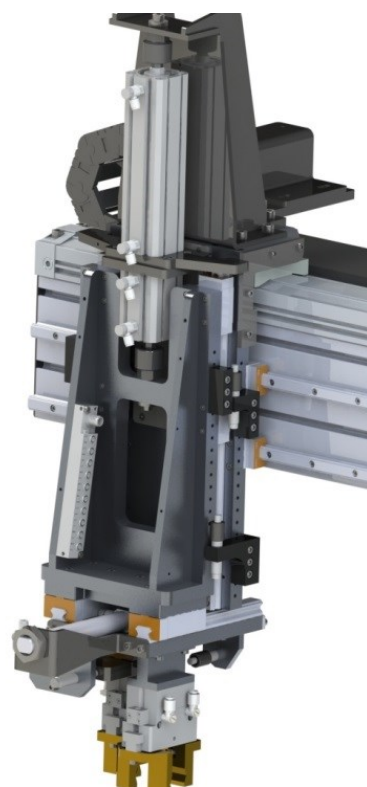
Obrázek 42: Celkový pohled na manipulátor – vyrobený



Obrázek 43: Celkový pohled na manipulátor – 3D model



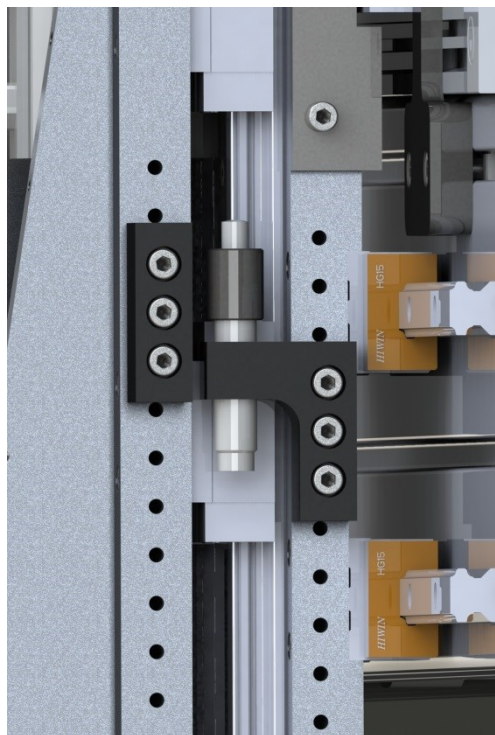
Obrázek 44: Detail vertikálního ramene - vyrobený



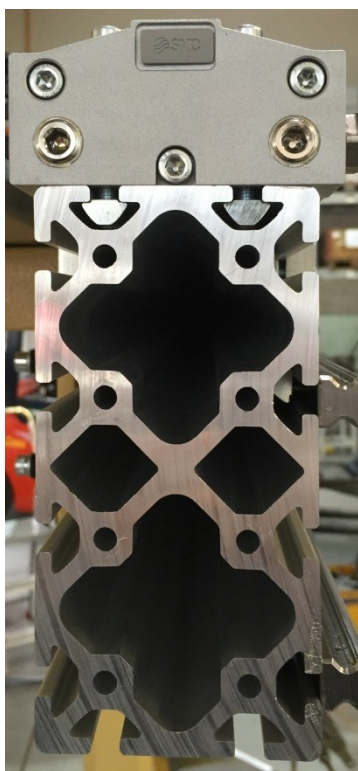
Obrázek 45: Detail vertikálního ramene – 3D model



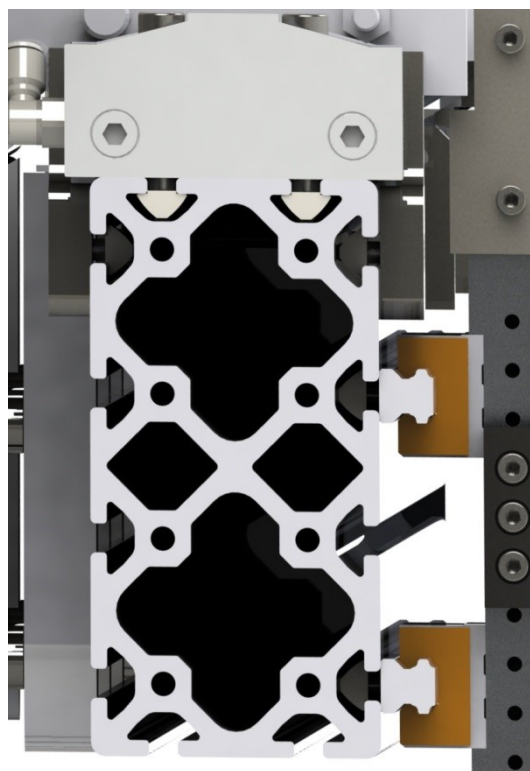
Obrázek 46: Detail lineárního vedení - vyrobený



Obrázek 47_ Detail lineárního vedení – 3D model



Obrázek 48: Detail na profil - vyrobený



Obrázek 49: Detail na profil – 3D model

8. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce řešila návrh a konstrukční řešení robotizovaného pracoviště na odběr tyčí mezi dopravníky. Zadání vychází z požadavku z praxe. Práce byla realizována ve firmě WHS-Handling spol. s r.o. Třanovice.

Cílem projektu bylo navrhnout a konstrukčně zpracovat polohování manipulátoru pro odběr tyčí a zautomatizovat celý proces výroby. Součástí řešení problematiky manipulátoru je i efektor k odebírání tyčí.

Prvním krokem bylo analyzovat dodané podklady od zákazníka včetně jeho představy na výslednou podobu pracoviště. Následným krokem bylo vyhodnotit stav a vyřešit několik variant dle zvolených kritérií tak, aby bylo dosaženo optimálního poměru mezi cenou pořízení a funkcí manipulátoru. Při výběru varianty byla provedena její optimalizace. Konstrukce jednotlivých součástí i výkresová dokumentace byla realizována v 3D CAD systému SolidWorks 2014.

Finální varianta byla vypracována po vyřešení problému s odlišností rozměrů mezi prvním a druhým dopravníkem a řešením je tedy manipulátor s 3+1 stupni volnosti, na základě skutečnosti, že nejvzdálenější pohyb je právě mezi dopravníky. O tento pohyb se stará bezpístnicový válec, který je ke své délce v rámci optimalizace ceny nejlepší možnou variantou.

Pro odebírání a odkládání tyčí použijeme dva pneumatická chapadla s čelistmi pro lepší úchop tyče. Pneumatické provedení manipulátoru je v tomto případě bezpečným a finančně dostupným řešením.

Průběžně byla realizována výpočtová kontrola rychlostí a časů pro daný pohyb manipulátoru. Návrh pneumatických válců byl konstruován výpočtem v rámci definice uchopovacích sil.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *ROBOTI.CZ* [online]. ABB s.r.o. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.roboti.cz/>
- [2] *ROBOTI.CZ* [online]. ABB s.r.o. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.roboti.cz/test/robotizace-v-prumyslu/potraviny-napoj>
- [3] *FANUC* [online]. FANUC Czech s.r.o. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/str%C3%A1nka-filtru-robot%C5%AF/%C5%99ada-m2>
- [4] *BALÍČÍ-STROJE.COM* [online]. ITALMEC s.r.o., 2009 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.balici-stroje.com/paletizery>
- [5] *COMPASS-AUTOMATION* [online]. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.compass-automation.com/projects/Robotic-Assembly-System>
- [6] [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=4TOotC_Q3sU&list=PLNn4cWvtmhKpVPHn73FdZgG5bwSBFaG8J
- [7] *TRANTEK* [online]. 2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://trantekautomation.com/robotic-systems.php#custom>
- [8] *Dspace.vsb* [online]. 2012 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/93997/MAC0043_FS_B2341_2302R010_40_2012.pdf?sequence=1
- [9] *LELKES.pdf* [online]. 2010 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.robotika.sk/events/10svoc/LELKES.pdf>
- [10] *REELTON* [online]. 2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.reelton.com/produkty/manipulatory-hrideli/>
- [11] *AMECA* [online]. 2011 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://www.ameka.bg/cat_150.html
- [12] *ALLBIZ* [online]. 2010 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.cz.all.biz/vyvozovaci-manipulator-g18780#.VzMwuVayOkp>
- [13] *AUTOMATIZACE.pdf* [online]. 2003 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/mechanizace_a_automatizace__roboty__rumisek.pdf
- [14] *STROJÁRSTVO* [online]. 2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.engineering.sk/strojarstvo-extra/1756-pracovne-hlavice-priemyselných-robotov>

- [15] *ZAVERECNA_PRACE.pdf* [online]. 2003 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://is.stuba.sk/zp/portal_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=57484;zp=26354;download_prace=1
- [16] *SCHUNK* [online]. 2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://cz.schunk.com/cz_de/greifsysteme/#!/series/egm
- [17] *SCHUNK* [online]. 2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://cz.schunk.com/cz_en/gripping-systems/#!/series/pgn-plus
- [18] *AUTOMA* [online]. 2016 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://automa.cz/index.php?id_document=28997
- [19] *T+T* [online]. 2013 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.technikaatrh.cz/komponenty/chapadla-schunk-stanovuji-jiz-30-let-meritka>
- [20] *KUKA* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: http://www.kuka-robotics.com/czech_republic/cs/products/industrial_robots/low/kr16_2/
- [21] SKAŘUPA, Jiří. *Průmyslové roboty a manipulátory*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-248-1522-0.
- [22] *FESTO* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: https://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm
- [23] *SMC* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/main/index_restyling.jsp?is_main=yes&lang=cs&ctry=CZ
- [24] *HIWIN* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: http://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg/17_vozik-hgh
- [25] *SCHUNK* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: http://cz.schunk.com/cz_en/gripping-systems/#!/product/2802-0308801-jgp-80-1-as
- [26] *HIWIN* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: www.hiwin.cz/media/files/01_Linearni_vedeni.pdf
- [27] *ALVÁRIS* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.alvaris.eu/cz>
- [28] *ALVÁRIS* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.alvaris.eu/cz/products/prodej-profilu-prislusenstvi/prislusenstvi-8/drazkove-matice/drazkova-matice-st-s-mustkem>
- [29] *SMC* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.smc pneumatics.com/MY3B40-2200HL-XB11.html>
- [30] *IGUS* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: http://www.igus-cad.com/default.aspx?cul=cs-CZ&ctreeid=1_1

10. SEZNAM PŘÍLOH

1. Výrobní výkres – Držák válce
Číslo výkresu: ZAB0039-BP/01

2. Výrobní výkres – Deska
Číslo výkresu: ZAB0039-BP/02

3. Svařenec
Číslo výkresu: ZAB0039-BP/03

4. Výkres podsestavy – Efektor
Číslo výkresu: ZAB0039-BP/04

5. Výkres podsestavy – Vertikální rameno
Číslo výkresu: ZAB0039-BP/05

6. Výkres sestavy – Manipulátor
Číslo výkresu: ZAB0039-BP/06

7. Výkres profilu Alváris

10.1 Příloha na DVD

1. 3D modely finální varianty v programu SolidWorks 2014
2. Sestavy ve formátu EASM – eDrawings
3. Výkresová dokumentace v programu SolidWorks 2014
4. Výkresová dokumentace – PDF
5. Bakalářská práce – PDF